

Universidade Federal de Santa Catarina  
Centro Tecnológico  
Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo

Thaís Inês Krambeck

**REVISÃO DE SISTEMA CONSTRUTIVO EM MADEIRA DE  
FLORESTA PLANTADA PARA HABITAÇÃO POPULAR**

Florianópolis

2006

Thaís Inês Krambeck

**REVISÃO DE SISTEMA CONSTRUTIVO EM MADEIRA DE  
FLORESTA PLANTADA PARA HABITAÇÃO POPULAR**

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-graduação em Arquitetura e  
Urbanismo da Universidade Federal de  
Santa Catarina para obtenção do título de  
Mestre em Arquitetura e Urbanismo - Área  
de concentração: Projeto e Tecnologia do  
Ambiente Construído

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Carolina Palermo Szücs, Dr<sup>a</sup>.

Florianópolis

2006

K89r Krambeck, Thaís Inês  
Revisão de sistema construtivo em madeira de floresta plantada para habitação popular / Thaís Inês Krambeck ; orientadora Carolina Palermo Szücs. – Florianópolis, 2006.  
100 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, 2006.

Inclui bibliografia

1. Sistema construtivo. 2. Construção de madeira – Avaliação.  
3. Habitação popular. I. Szücs, Carolina Palermo.  
II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

CDU: 72

*Catálogo na fonte por: Onélia Silva Guimarães CRB-14/071*

Thaís Inês Krambeck

**REVISÃO DE SISTEMA CONSTRUTIVO EM MADEIRA DE  
FLORESTA PLANTADA PARA HABITAÇÃO POPULAR**

Esta dissertação foi julgada e aprovada para obtenção do grau de **Mestre em Arquitetura e Urbanismo** no Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 09 de março de 2006.

---

Prof<sup>a</sup>. Alina Gonçalves Santiago, Dr<sup>a</sup>.  
Coordenadora do Programa

Banca examinadora:

---

Prof<sup>a</sup>. Carolina Palermo Szücs, Dr<sup>a</sup>.  
Orientadora

---

Prof. Carlos Alberto Szücs, Dr.

---

Prof. Roberto de Oliveira, Phd

---

Prof<sup>a</sup>. Rosa Maria Bittencourt, Dr<sup>a</sup>

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Lucia e Aldino, pelo apoio e incentivo.

À minha avó Clara, pelas orações.

Ao meu noivo, Evandro, pelo companheirismo e compreensão.

À minha orientadora, Carolina Palermo Szücs, pela excelente orientação, dedicação  
e paciência.

Aos membros da banca, pela disponibilidade e pelas contribuições.

Ao GHab (Grupo de Estudos da Habitação – UFSC) e ao GIEM (Grupo  
Interdisciplinar de Estudos da Madeira – UFSC).

Aos professores do programa, pela contribuição na minha formação como Mestre.

À Ivonete, secretária do programa, pela disposição e dedicação.

Aos amigos conquistados durante o mestrado, pela companhia e pelos momentos  
divertidos.

## RESUMO

KRAMBECK, Thaís Inês. **Revisão de sistema construtivo em madeira de floresta plantada para habitação popular**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Programa de Pós-graduação – UFSC. Florianópolis, 2006. 100 f.

No Brasil, a atuação de órgãos governamentais não tem sido suficiente para suprir o déficit habitacional. Nos casos atendidos pelo poder público a habitação deixa a desejar quanto à qualidade projetual e quanto à previsão de ampliações. Além disso, as tecnologias adotadas em geral são as convencionais, não considerando outras possibilidades construtivas do contexto de implantação, como é o caso da utilização da madeira de floresta plantada no Sul do País. Nos casos não atendidos pelo poder público, onde a habitação é construída, ou pelo menos coordenada, pelo próprio usuário, a madeira, quando utilizada, o é de maneira não satisfatória qualitativamente, resultando em habitações não duráveis e sem conforto. Entretanto a madeira de floresta plantada apresenta grande potencial de utilização na construção de habitações duráveis, com qualidade ambiental e estética.

Este trabalho avalia e apresenta propostas para os sub-sistemas Piso e Parede do sistema construtivo denominado Battistella-UFSC, fruto de parceria entre a universidade e empresa catarinense que atua no setor madeireiro, produzindo e comercializando casas em madeira de pinus voltadas para populações com renda média-alta e alta. O sistema tem como sistema construtivo de referência o Plataforma, muito difundido no norte da Europa e em países como Estados Unidos, Canadá, Austrália e Japão. A avaliação e a revisão buscam reduzir custos, sem perda de qualidade, a fim de que o sistema possa ser aplicado na construção de habitações para populações com renda entre 5 e 10 salários mínimos. Para isto, tem-se como base a simplicidade construtiva e a evolutividade, cujos atributos aplicáveis ao sistema em estudo são definidos através de fundamentação teórica. Através do acompanhamento da execução de protótipo tecnológico no campus da universidade foi possível descrever e decompor o sistema, identificando os pontos que necessitam de revisão frente aos atributos definidos. A partir disto, são apresentadas propostas para os sub-sistemas, visando a construção de habitações simples, seguras e evolutivas.

Palavras-chave: Sistema construtivo, Madeira de floresta plantada, Habitação Popular

## ABSTRACT

KRAMBECK, Thaís Inês. **Constructive system of planted forest's wood for social dwelling revision**. Dissertation (MA in Architecture and Urbanism). Programa de Pós-graduação – UFSC. Florianópolis, 2006. 100 f.

In Brazil, governmental sector has not being effective in supplying housing deficit. Projectual quality and enlargement foresights are lacking in cases attended by public administration. Besides, the technologies adopted are in general conventional, not considering other constructive possibilities in the implantation's context such as the utilization of planted forest's wood in the South of the country. In housing cases when the government does not act, where dwelling is constructed or at least coordinated by the own user, the wood, when used, is not used in a qualitative satisfactory way, resulting in not durable and comfortless building. Nevertheless the planted forest's wood shows a high potential for construction in durable dwelling, with environmental and aesthetic qualities.

This work evaluates and presents proposals for the sub-systems Floor and Wall of the constructive system denominated Battistella-UFSC, which is result of a partnership between the university and a local company that actuates in the wood industry producing and commercializing houses made of pine wood for people with medium to high income. This system has as constructive technic of reference, the Platform-frame, highly outspread in the North of Europe and in countries like United States of America, Canada, Australia and Japan. The evaluation and the revision seeks for cost reduction, without losing quality, in order to that the system can be used in the construction of dwelling for people that earn between 5 and 10 minimum wages. For that, the constructive simplicity and the evolutivity were taken by foundation of which the applicable attributes for the system in study are defined through theoretical foundation. By following the construction of the prototype in the university campus was possible to describe and to breakdown the system, then identify what needs revision facing the defined attributes. From that, proposals for the sub-systems are presented, seeking the construction of simple, safe and evolutive dwelling.

Key words: Constructive system, Planted forest's wood, Social dwelling

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO**

1.1. APRESENTAÇÃO	09
1.2. JUSTIFICATIVA	11
1.2.1. O déficit habitacional brasileiro	11
1.2.2. A tecnologia apropriada à construção habitacional	13
1.2.3. A madeira de floresta plantada na construção habitacional	16
1.2.4. A madeira de floresta plantada em Santa Catarina	21
1.3. DEFINIÇÕES ADOTADAS	23
1.3.1. Habitação	23
1.3.2. Flexibilidade	24
1.3.3. Sistema e processo construtivo	25
1.4. OBJETO DE ESTUDO	27
1.4.1. Sub-sistema Piso	29
1.4.2. Sub-sistema Parede	31
1.5. OBJETIVOS	32
1.6. MÉTODOS E TÉCNICAS	33

### **CAPÍTULO 2 – SISTEMAS E PROCESSOS CONSTRUTIVOS EM MADEIRA E A HABITAÇÃO POPULAR**

2.1. Sistemas construtivos em madeira	34
2.1.1. Evolução histórica	34
2.1.2. Os sistemas contemporâneos em madeira	38
2.1.2.1. Sistemas em ossatura de madeira	39
2.1.2.2. Sistemas de painéis portantes	43
2.2. O nível de industrialização do processo construtivo	47
2.3. Atributos de simplicidade construtiva e de evolutividade	54



## **CAPÍTULO 3 – DECOMPOSIÇÃO E AVALIAÇÃO DOS SUB-SISTEMAS**

3.1. O protótipo Battistella-UFSC	58
3.2. Sub-sistema piso	59
3.2.1. Descrição geral	59
3.2.2. Decomposição e avaliação	61
3.2.2.1. Estrutura	61
3.2.2.2. Fechamento	64
3.2.3. Avaliação geral	65
3.3. Sub-sistema parede	66
3.3.1. Descrição geral	66
3.3.2. Decomposição e avaliação	67
3.3.2.1. Ossatura	67
3.3.2.2. Revestimento interno	71
3.3.2.3. Revestimento externo	73
3.3.3. Avaliação geral	75

## **CAPÍTULO 4 - REVISÃO DOS SUB-SISTEMAS**

4.1. Sub-sistema Piso	76
4.2. Sub-sistema Parede	81
4.3. A modulação entre os sub-sistemas	83
4.4. Evolutividade	85
4.5. Ajuste da estrutura sobre o sub-sistema fundação	89
4.6. Pré-fabricação e execução sucessiva de tarefas	90

## **CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS**

## **REFERÊNCIAS**

## **ANEXO**

## **CAPÍTULO 1**

### **INTRODUÇÃO**

#### **1.1. APRESENTAÇÃO**

No Brasil, a atuação de órgãos governamentais não tem sido suficiente para suprir a demanda por habitações voltadas para as populações com baixo poder aquisitivo. Nos casos atendidos, em geral, não são considerados pontos importantes como níveis mínimos de qualidade e a previsão de futuras ampliações. Além disso, na maioria dos conjuntos habitacionais de interesse social implantados, são utilizados materiais e tecnologias convencionais, não considerando outras alternativas construtivas regionais, como é o caso da utilização da madeira no sul do país.

Já nos casos não atendidos por programas habitacionais, a madeira, entre outros materiais, é usada, mas de maneira inadequada. Em geral a habitação é construída pelo próprio usuário, que não possui conhecimento técnico acerca do material e que a considera uma habitação provisória, resultando em habitações não duráveis e sem conforto. Entre classes com poder aquisitivo mais elevado, a madeira é utilizada na construção de segunda moradia, sem preocupação com a racionalização da construção e construída muitas vezes por empresas que comercializam casas em madeira proveniente de matas nativas.

Entretanto, a utilização de madeira de floresta plantada na construção de habitações é uma alternativa com grande potencial para suprir parte do déficit habitacional brasileiro, em especial em regiões madeireiras. É o caso da Região Sul, onde a madeira de floresta plantada, principalmente da espécie pinus, encontra condições favoráveis para seu desenvolvimento e existe uma tradição em se construir com madeira, herdada dos imigrantes europeus, o que contribui na aceitação do material por parte do usuário.

No norte da Europa e em países como Estados Unidos, Canadá, Austrália e Japão, a madeira é largamente utilizada na construção de habitações, com destaque para o sistema construtivo Plataforma. Segundo diversos autores, este sistema apresenta grande potencial de adaptação às condições brasileiras.

Entre as empresas que atuam no setor madeireiro no sul do país está a Battistella Indústria e Comércio Ltda, com sede em Lages – SC, que produz madeira da espécie pinus serrada, usinada e tratada, proveniente de florestas plantadas e manejadas. Através de sistema construtivo denominado Stella Casa Pronta, que corresponde ao Plataforma, a empresa produz casas voltadas para populações com renda média-alta e alta.

A fim de avaliar o sistema construtivo Stella Casa Pronta quanto à capacidade de atender ao mercado habitacional voltado para população de baixa renda, foi desenvolvida a pesquisa: “Sistema Battistella-UFSC: avaliação e desenvolvimento de sistema construtivo em madeira de reflorestamento voltado para programas de habitação social”, através da qual foi construído um protótipo tecnológico. A solução construtiva corresponde ao sistema original da empresa parceira da pesquisa, com a inserção de inovações. Através do monitoramento da etapa de execução, foi

possível conhecer o sistema e detectar os pontos que necessitavam de revisão, tanto no ponto de vista do processo construtivo quanto no do produto.

Esta dissertação tem como objetivo revisar as soluções de piso e parede do sistema Battistella-UFSC, do ponto de vista da simplicidade construtiva e da capacidade de ampliação, visando sua aplicação na construção de habitações populares, onde muitas vezes quem coordena a obra é o próprio usuário. Desta forma, pretende-se assegurar o baixo custo e a qualidade da construção, mais adequado à capacidade de pagamento da população-alvo.

## **1.2. JUSTIFICATIVA**

### **1.2.1. O déficit habitacional brasileiro**

A Fundação João Pinheiro (2002) apresenta dados sobre as necessidades habitacionais, tanto em termos de déficit habitacional<sup>1</sup> quanto à inadequação de domicílios<sup>2</sup>. O estudo estimou um déficit de 6.656.526 moradias no ano de 2000, sendo que com relação ao déficit estimado para 1991 houve um acréscimo de 21,7%. Quanto à inadequação de domicílios, destaca-se, por exemplo, o número de domicílios inadequados por adensamento excessivo<sup>3</sup>, 2.024.929, e os inadequados por carência de infra-estrutura, 10.261.076.

---

<sup>1</sup> Necessidade de construção de novas moradias, seja em função de reposição do estoque de domicílios existente, seja em função do incremento desse estoque. Enquadram-se: domicílios a ser substituídos pela baixa qualidade técnica; domicílios fortemente deteriorados pelo tempo; situação de coabitação familiar; domicílios improvisados e ônus excessivo com aluguel.

<sup>2</sup> Domicílios sem condição de habitabilidade, porém sem necessidade de reposição. Inclui: ausência de serviços de infra-estrutura sanitária; adensamento excessivo; inadequação fundiária e obsolescência funcional.

<sup>3</sup> Mais de três pessoas por dormitório.

No Estado de Santa Catarina foi identificado, pelo mesmo estudo, um déficit de 120.400 moradias em 2000, correspondendo a 8% dos domicílios particulares permanentes do estado. É o menor déficit relativo identificado entre as unidades de federação, sendo que em nível nacional o déficit relativo é de 14,8%. Do déficit em Santa Catarina, destaca-se a coabitação familiar<sup>4</sup>, chegando a 65,1% das moradias, e o ônus excessivo com aluguel<sup>5</sup>, de 23,7%. O déficit habitacional urbano de Santa Catarina é de 98.600 moradias. Destas, 70.081 situam-se na faixa de renda mensal familiar de até 3 salários mínimos, 14.910 na faixa entre 3 e 5, 9.078 na faixa entre 5 e 10, e 4.530 acima de 10 salários mínimos.

Pesquisa realizada em 1994 por empresa contratada pela Secretaria de Estado da Habitação, Saneamento e Desenvolvimento Comunitário, identificou um déficit habitacional urbano de 126.410 moradias, sendo 91.087 moradias situadas na faixa de renda de até 6 salários mínimos. O déficit por mesorregião do Estado ficou assim distribuído:

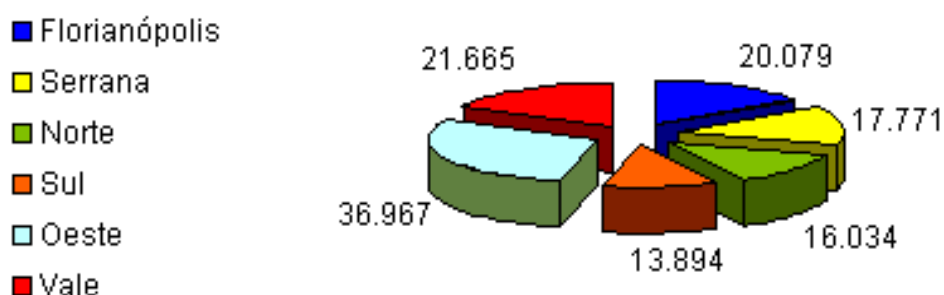


Figura 1: Distribuição do déficit habitacional urbano em Santa Catarina

Fonte: [www.cohab.org.br](http://www.cohab.org.br)

<sup>4</sup> Refere-se às famílias secundárias, que são famílias constituídas por, no mínimo, duas pessoas, residindo em um mesmo domicílio junto com outra família denominada “principal”.

<sup>5</sup> Comprometimento de mais de 30% do salário com o aluguel, no caso de renda familiar de até três salários mínimos.

No âmbito desta dissertação, o estabelecimento da população-alvo considerará a faixa de renda de 5 a 10 salários mínimos, que, considerando o Estado de Santa Catarina como um todo, área de estudo da dissertação, está estimada em 10.000 famílias sem casa própria.

### **1.2.2. A tecnologia apropriada à construção habitacional**

Grande parte dos projetos habitacionais brasileiros prioriza o fator custo em detrimento da qualidade da habitação, tanto em termos de qualidade projetual quanto de qualidade construtiva. Os agentes promotores da habitação adotam a padronização e a redução das dimensões das unidades como forma de redução de custos, desconsiderando também hábitos e costumes dos usuários. Como consequência, o usuário precisa reinvestir em reformas, que, na maioria dos casos, não respondem às suas necessidades quanto ao habitat. Além disso, em geral os sistemas construtivos adotados são os tradicionais, não considerando outras possibilidades construtivas presentes no contexto de implantação.

Entretanto, existem alternativas que podem minimizar os efeitos da padronização e facilitar a apropriação da habitação sem interferir na qualidade construtiva, buscando-se a conjunção do fator custo e qualidade. Neste sentido, Szücs et al (2004) definem os fundamentos básicos de um projeto para habitação de interesse social, quais sejam: a **contextualização do projeto**, a **flexibilidade do projeto da moradia** e a **previsão da construção em etapas**.

A **contextualização do projeto** compreende a consideração dos aspectos culturais, econômicos e geográficos da região em que se irá implantar o projeto. Assim, passa

pela seleção dos materiais de construção disponíveis e abundantes na região e, desta forma, aceitos pela cultura local.

O **projeto flexível** “possibilita uma grande variabilidade de arranjos espaciais e usos, e ampliações, sem que sejam necessárias grandes alterações na edificação original e/ou que inviabilizem o uso da mesma durante a obra.” (SZÜCS et al, 2004). Justifica-se pelo fato de populações de menor renda, em geral caracterizadas por famílias numerosas, não disporem de meios para adquirir ou construir uma moradia que atenda todas as necessidades espaciais familiares. Nesse sentido, o usuário, procurando livrar-se do aluguel, busca uma habitação mínima, até que alcance os meios de transformar sua casa, ampliar ou acrescentar ambientes. É imprescindível, portanto, que o projeto seja flexível, assim como o sistema construtivo adotado deve apresentar **capacidade evolutiva** ou **evolutividade**<sup>6</sup>, sendo capaz de acompanhar a dinâmica social (SZÜCS,1992).

Desta forma, a capacidade evolutiva torna possível a **construção em etapas**, permitindo que, na medida em que haja a necessidade de maior espaço e/ou condições financeiras favoráveis, o acréscimo de novos cômodos ou ampliações aos ambientes já existentes, a partir de uma construção inicial, seja realizado de forma racionalizada.

Para que a construção em etapas ocorra de forma racionalizada, é necessário, além da capacidade evolutiva, que o sistema construtivo atenda à **simplicidade construtiva**, já que muitas vezes quem efetua a ampliação da habitação, ou a coordena, é o próprio usuário. A simplicidade construtiva está diretamente ligada à qualificação da mão-de-obra, sendo essencial para a garantia de um piso de

---

<sup>6</sup> Do francês “evolutivité”: potencial evolutivo da edificação, potencial de ampliabilidade.

qualidade, mesmo com mão-de-obra pouco qualificada, além de contribuir na redução de custos. Assim, o sistema construtivo deve proporcionar um máximo de produtividade num mínimo de tempo, além de prevenir o desgaste do material e minimizar custos com manutenção (SZÜCS, 1992).

Também para Krüger (2003), na construção de moradias para populações de baixa renda, deve-se considerar questões econômicas e sociais, além de aspectos de ordem ambiental. E o conceito de **tecnologia apropriada** é o que mais se aproxima desta idéia. Com a tecnologia apropriada “objetiva-se autonomia e produção local para necessidades locais. Isto significa construir com os meios disponíveis promovendo o desenvolvimento da própria comunidade.” (SCHUMACHER, 1993 apud KRÜGER, 2003).

Ainda segundo Krüger (2003), os sistemas construtivos adotados devem garantir às populações de baixa renda, além da proteção às intempéries e infra-estrutura básica, a possibilidade de crescimento econômico e social. De encontro a isso, ele apresenta características básicas que definem tecnologias apropriadas. São elas: o baixo custo; o uso de materiais e mão-de-obra locais; a flexibilidade para adaptações e a simplicidade na execução, podendo ser entendidas e implementadas pelas comunidades locais, usando recursos descentralizados e ocorrendo em uma pequena escala de produção (KRÜGER, 2003).

No ponto de vista desta dissertação, as proposições eventualmente decorrentes dessas análises, buscarão a redução significativa dos custos de construção, inicial e no tempo, através da simplificação do desenho e da inserção de dispositivos que permitam a ampliação da edificação de forma segura e apropriada.



### **1.2.3. A madeira de floresta plantada na construção habitacional**

As regiões Sul e Sudeste do Brasil são produtoras de madeira de floresta plantada, em especial de pinus e eucalipto e, assim como em outras regiões do mundo, a aplicação deste material na construção é uma alternativa viável sob o ponto de vista econômico, social, ambiental e técnico.

#### Viabilidade econômica

Os preços elevados de madeiras nativas, a pressão ecológica pelo uso de recursos florestais renováveis, as condições climáticas adequadas do sul do país para o cultivo de espécies como o pinus e o eucalipto e a alta produtividade obtida com essas espécies exóticas, tornam a atividade de reflorestamento bastante promissora na região (INO; SHIMBO, 1998). Além disso, nos últimos anos tem-se investido no manejo de florestas plantadas em Santa Catarina, o que aumenta a qualidade e permite o uso não apenas na produção de celulose, mas também na produção de componentes voltados para a construção habitacional.

#### Viabilidade social

Para a produção de componentes voltados para a construção habitacional, a madeira, após a derrubada na floresta, passa pelos processos de desdobro, secagem, usinagem, tratamento e pré-fabricação. Com isso, mais valor é agregado, tanto para as empresas envolvidas quanto para o Estado, e mais pessoas são empregadas, contribuindo para a fixação do homem ao campo (DE OLIVEIRA, 1998).

### Viabilidade ambiental

No ponto de vista ambiental, a madeira de floresta plantada apresenta vantagens sobre outros materiais de construção. Neste sentido, Barbosa e Ino (2000) fazem uma análise de três indicadores de sustentabilidade, o consumo de energia, a emissão de CO<sub>2</sub> (gás carbônico) e a produção de resíduos, dentro da cadeia produtiva de habitação em madeira de floresta plantada.

Em relação ao **consumo de energia**, a energia embutida nos materiais deve ser analisada desde sua extração, transformação da matéria-prima até o componente acabado, uso e demolição (BARBOSA; INO, 2000). Segundo Winter (1998 apud BARBOSA; INO, 2000), com a utilização da madeira na construção, economiza-se energia em duas etapas: “uma na formação da matéria-prima que se faz através da absorção da energia solar (fotossíntese) e a outra com o consumo de energia necessária para a usinagem da madeira.”.

Considerando a **emissão de CO<sub>2</sub>**, árvores absorvem este gás da atmosfera e no fim de seu ciclo de vida podem ser utilizadas para fins energéticos, liberando-o na mesma quantidade que o absorvido na fotossíntese e na mesma proporção de sua decomposição natural na floresta, sendo então a madeira nula do ponto de vista da emissão de CO<sub>2</sub> (BARBOSA; INO, 2000). Entretanto, a madeira contribui com o seqüestro de carbono da atmosfera quando sua vida útil é prolongada como material de construção (RICHTER, 1998 apud BARBOSA; INO, 2000).

Quanto à **produção de resíduos**, a manufatura dos produtos em madeira produz pouco resíduo em comparação a outros materiais de construção e os mesmos podem ser utilizados como energia calorífica e na produção de outros derivados de

madeira: compensados, placas, MDF entre outros (BARBOSA; INO, 2000). Além disso, segundo De Oliveira (1998, p. 241), “Dentre os materiais naturais, como a pedra, areia, argila, por exemplo, a madeira pode ser a única que não agride o meio-ambiente na sua extração, especialmente se vier de plantio corretamente manejado.”.

### Viabilidade técnica

A madeira como material de construção apresenta pouca aceitação no Brasil, não por questões técnicas, mas simbólicas, isto é, devido às associações da casa de madeira como se fosse de baixa qualidade ou de baixa durabilidade, sendo este um dos principais empecilhos ao seu emprego (DE OLIVEIRA, 1998). Entretanto, a madeira, quando utilizada corretamente, apresenta elevado desempenho técnico, resultando em edificações duráveis, seguras e confortáveis.

Para garantir a **durabilidade** os cuidados vão desde a derrubada da árvore até o uso e manutenção da edificação, passando pelo projeto arquitetônico e desenho dos detalhes construtivos, os quais são essenciais para prevenir o desgaste da madeira (SZÜCS, 1992). Dentre os cuidados, o tratamento contra insetos xilófagos e fungos também é fundamental, e, neste sentido, a baixa densidade da madeira de Pinus favorece a impregnação de substâncias preservativas. Também Benevente (1995 apud OLIVEIRA, 2004) afirma que para se obter durabilidade em construções de madeira é necessário garantir qualidade no material empregado, no projeto arquitetônico, na execução, no uso e manutenção da edificação.

Quanto à **ocorrência de incêndios**, com a utilização de qualquer material de construção, são necessárias medidas de proteção e medidas de prevenção. As **medidas de proteção** contra incêndio consideram a ocorrência deste e objetivam resguardar a vida dos usuários, minimizar os danos causados à edificação, evitar que o incêndio atinja proporções incontroláveis e possibilitar seu combate (INO; PINTO, 2002). Também Einsfeld et al (1998) afirmam que, quanto à proteção ao fogo, os principais objetivos devem ser: manter a estabilidade estrutural nas condições de incêndio, evitar a propagação do fogo e garantir meios seguros de evacuação da edificação.

No que se refere à manutenção da estabilidade estrutural no caso de incêndio, a madeira apresenta uma peculiaridade frente a outros materiais: sua resistência mecânica “aumenta com a perda da umidade durante o processo de combustão e perde resistência somente em função de sua destruição progressiva” (INO; PINTO, 2002). Além disso, ainda segundo Ino e Pinto (2002), a má condutibilidade da madeira promove a lenta combustão e a formação de uma camada superficial de carvão que atua como isolante térmico, protegendo as camadas interiores da exposição a elevadas temperaturas e retardando a destruição. Isto possibilita o dimensionamento de elementos estruturais com um volume adicional de madeira para atingir o tempo de resistência mínimo necessário para permitir a fuga das pessoas e a ação dos bombeiros.

A **prevenção contra incêndio** envolve a conscientização dos usuários, o controle dos materiais (escolha de materiais de construção, mobiliário e elementos decorativos com características menos inflamáveis), controle das fontes de calor e

iluminação, adequado dimensionamento das instalações elétricas e o tratamento da madeira com produtos ignífugos (INO; PINTO, 2002).

Ainda no ponto de vista técnico, Bittencourt (1995), apresenta três aspectos peculiares à arquitetura e ao sistema construtivo em madeira. São eles:

1) A **flexibilidade** da técnica construtiva em madeira, tanto por possibilitar à construção vários estilos, quanto por facilitar modificações e ampliações nas edificações. Entretanto, a autora ressalta que para a ampliação ser efetuada com segurança e qualidade ambiental é necessário que se tenha uma “metodologia adaptada ao usuário” (BITTENCOURT, 1995, p. 179).

2) O **rigor construtivo** é um dos princípios norteadores do projeto e da execução, já que “os sistemas construtivos em madeira exigem muitos cuidados, pois cada erro cometido é ressaltado na integração do conjunto.” (BITTENCOURT, 1995, p. 181).

3) Os **detalhes construtivos** são responsáveis pela compatibilidade entre os diferentes elementos e componentes dos sistemas construtivos em madeira, devendo ser considerados em todas as etapas de construção, desde o projeto.

A importância dos detalhes nas construções em madeira também é enfatizada por Szücs (1992), que aponta a racionalização dos detalhes como meio de se alcançar à economia, especialmente em casos de habitações construídas isoladamente. A racionalização dos detalhes contribui na redução do tempo de construção e também na prevenção do desgaste da madeira, reduzindo custos de manutenção (SZÜCS, 1992).

A **baixa densidade** da madeira de Pinus proporciona leveza ao material, facilitando o manejo no canteiro de obras, além de facilitar processos de tratamento, como já citado. E esta característica do material não impede sua utilização em sistemas construtivos leves, como o plataforma, ou elementos de madeira laminada<sup>7</sup> (SZÜCS, 1992).

#### **1.2.4. A madeira de floresta plantada em Santa Catarina**

Szücs e Bohn (2002) enfatizam a importância da madeira para Santa Catarina, tanto em termos econômicos e sociais, incluindo a arrecadação de impostos, a geração de empregos e as exportações, como em termos ambientais, com a recuperação de áreas deflorestadas, a perenização de cursos d'água e o controle da erosão.

Segundo aqueles autores, Santa Catarina situa-se hoje em seu quarto ciclo com relação à utilização da madeira. O primeiro ciclo (1500-1910) caracterizou-se pelo uso diversificado dos recursos florestais, porém sem grande consumo. O segundo ciclo (1910-1960) foi marcado pela construção da Estrada de Ferro São Paulo - Rio Grande do Sul e da Estrada de Ferro Santa Catarina, que proporcionaram a exploração das melhores áreas de florestas pela Southern Brazil Lumber and Colonization Company, adquiridas por preços insignificantes. No terceiro ciclo da madeira (1960-2000) foram tomadas as primeiras medidas para se recuperar dos danos ambientais e econômicos causados pela exploração extrativista dos recursos florestais. Como exemplo destas medidas tem-se os incentivos fiscais para a

---

<sup>7</sup> Peças de madeira reconstituídas a partir de partir de lâminas de madeira (tábuas) unidas por colagem e dispostas de tal maneira que suas fibras fiquem paralelas entre si. As tábuas são de dimensões relativamente reduzidas se comparadas às dimensões da peça final assim constituída (SZÜCS, apostila de aula).

silvicultura, podendo-se citar o Programa Florestal Catarinense<sup>8</sup>. Finalmente, o quarto ciclo caracteriza-se pela implantação de indústrias de alta tecnologia, com maior valor agregado aos produtos e com aproveitamento quase total ou total das toras (SZÜCS; BOHN, 2002).

Bohn, Becker e Justina (2002), afirmam que uma grande parte do território catarinense tem o uso do solo inadequado à agricultura, obtendo-se baixas produtividades. Isto se deve ao relevo acidentado, que torna as propriedades não aptas para a mecanização da agricultura e, assim, não competitivas para a atividade agrícola, enquanto que a silvicultura nestas áreas seria mais produtiva.

Dados da Secretaria do Desenvolvimento Rural e da Agricultura (SDA) de Santa Catarina (1995) apontam que 28% da área do estado de Santa Catarina corresponde a áreas de preservação permanente e áreas urbanas, entre outras, 25% possui vocação para atividades agropecuárias, e 46% possui vocação para o reflorestamento (SDA, 1995 apud OLIVEIRA, 2003).

Segundo dados da Sociedade Brasileira de Silvicultura (2001) a área plantada com pinus em Santa Catarina é de 318.120 ha e de eucalipto é de 41.550 ha, sendo que esta produção se dá tanto através de pequenas propriedades quanto das grandes empresas que mantêm reflorestamentos. Além disso, a região Sul dispõe de empresas que atuam nas etapas de produção do material – desdobro, secagem, usinagem, tratamento e pré-fabricação – viabilizando sua utilização na produção de componentes para a construção habitacional.

---

<sup>8</sup> Programa criado em 1999 com o objetivo de, entre outros, interromper o processo de êxodo rural e fusão de propriedades rurais e aumentar a oferta de madeira em Santa Catarina, através do incentivo à atividade florestal em pequenas e médias propriedades.

### **1.3. DEFINIÇÕES ADOTADAS**

Aqui são apresentadas definições de habitação, flexibilidade, sistema e processo construtivo, entre outros termos afins, definindo os termos adotados e a delimitação do que será tratado nesta dissertação.

#### **1.3.1. Habitação**

Martucci (1990) diferencia casa, moradia e habitação. A casa é definida como a parte física, o invólucro material. A moradia é a transformação da casa pela apropriação cultural do usuário. Já a habitação é a casa e a moradia integradas ao espaço urbano.

Segundo De Oliveira (1994), habitação se define por três necessidades universais que também podem ser entendidas como dimensões: abrigo, acessibilidade e ocupação. Este conceito foi derivado da obra de Turner (1976 apud DE OLIVEIRA, 1994) e a definição foi desenvolvida em desempenhos técnico, humano, econômico, simbólico e ambiental por Rosen e Bennet (1979 apud DE OLIVEIRA, 1994). Em seguida, Meira e Oliveira (1998 apud LEITE 2003) acrescentam o desempenho social. Embutido no desempenho técnico, Leite (2003) aduziu o funcional que verificará a funcionalidade, de modo objetivo, de partes e conjunto de unidade habitacional.

Aqui o enfoque será para a estrutura física da habitação com ênfase em seu desempenho técnico.



### 1.3.2. Flexibilidade

Existe uma grande variedade de conceitos acerca do tema **flexibilidade** nas habitações, entre os quais pode-se encontrar a evolutividade.

Brandão (2002) agrupa as concepções referentes à flexibilidade em cinco grupos. São eles: 1) a **diversidade tipológica**, que consiste na oferta de plantas diferentes, no caso de empreendimentos, possibilitando a escolha por parte do cliente; 2) a **flexibilidade propriamente dita**, considerada como a liberdade de reformular o espaço interno, definido por um vedo perimetral; 3) a **adaptabilidade**, obtida pela descaracterização funcional das peças, dando-lhes alternativas de uso; 4) a **ampliabilidade**, referente à adição de cômodos a partir de uma habitação-embrião, podendo ser externa ou interna à edificação; e 5) a **junção ou desmembramento**, no caso da junção de duas unidades habitacionais para formar uma maior, ou no desmembramento de uma unidade em duas.

Segundo Szücs et al (2000) projeto flexível é aquele que possibilita uma grande variabilidade de arranjos espaciais, usos e ampliações, sem inviabilizar o uso da edificação original durante a obra e sem que sejam necessárias grandes alterações na mesma. A partir desta definição, Digiacomio e Szücs (2003) apontam as maneiras de se alcançar a flexibilidade no espaço construído. São elas: 1) **planta livre**, com o arranjo de divisórias removíveis dentro do invólucro da edificação; 2) **construção em etapas**, com expansão externa, fora do perímetro inicial da edificação, ou interna, através da apropriação dos espaços contidos na edificação original e; 3) **multifuncionalidade espacial**, onde o uso dos espaços da edificação é determinado pelo usuário.

Observa-se que a definição de flexibilidade propriamente dita de Brandão corresponde à estratégia de planta livre apontada por Digiacomo e Szücs como uma das formas de se obter a flexibilidade. A adaptabilidade, apresentada por Brandão, corresponde à multifuncionalidade definida por Digiacomo e Szücs. Por fim, a ampliabilidade corresponde à construção em etapas.

Nesta dissertação será adotado o conceito de flexibilidade apresentado por Szücs et al (2000). Dentre as estratégias citadas para se obter a flexibilidade, o enfoque será para a construção em etapas, ou ampliabilidade, com expansão externa. Entretanto, para isso será adotado o termo **evolutividade**, do francês “evolutivité”, potencial evolutivo da edificação, potencial de ampliabilidade.

### 1.3.3. Sistema e processo construtivo

Aqui serão apresentados conceitos de processo e sistema construtivo. Dentro destes conceitos aparecem ainda os termos sub-sistema, componente e elemento, para os quais também serão apresentadas definições.

Para Martucci (1990), o **sistema construtivo** é um conjunto de materiais, elementos e técnicas ordenadas racionalmente para a execução de um edifício. O **processo construtivo** é definido pelo autor como o processo que define as formas e as capacidades técnicas e econômicas de se construir, englobando as etapas de projeto e de execução. Estabelece a tecnologia que será expressa no sistema construtivo e nos processos de trabalho. O processo construtivo pode ser classificado em, por exemplo, artesanal, tradicional, racionalizado, pré-fabricado ou industrializado.

Segundo a definição de Martucci (1990), **sub-sistemas** são partes do sistema construtivo que unidas formam a edificação como, por exemplo, fundações, estrutura principal, cobertura, vedação e esquadrias.

Oliveira (1994) define **sub-sistema** como parte da habitação que trabalhe independentemente das outras, e possa ser avaliada separadamente do sistema principal da edificação.

Também para Picarelli (1986) **sistema construtivo** é “o conjunto de materiais, elementos e componentes que se utilizam segundo determinadas regras de combinação, para concretizar o objeto arquitetônico” (PICARELLI, 1986, p. 22). Assim, um sistema construtivo é composto por **sub-sistemas** e estes por **materiais, componentes e elementos**. Os materiais são transformados para constituir os componentes, que, combinados, formam os elementos. Já os elementos reunidos formam os sub-sistemas e estes, por sua vez, formam o sistema construtivo (PICARELLI, 1986).

A NB 1228 (1989) apresenta definições de componente e elemento coerentes com as apresentadas por Picarelli (1986). Define **componente** como ente que compõe os elementos da edificação, constituído por material natural ou de fabricação industrial como, por exemplo, lambri, sarrafo, chapa de compensado e telha cerâmica. **Elemento** é definido como parte do edifício constituída pela reunião de um ou mais componentes como, por exemplo, painel, porta e janela.

Para Sabbatini (1989) o processo construtivo é considerado como “um organizado e bem definido modo de ser construir um edifício.” Caracteriza-se por um conjunto de métodos utilizados na construção do invólucro do edifício, isto é, da estrutura e das

vedações. Ainda segundo Sabbatini, o sistema construtivo é definido como sendo “um processo construtivo de elevados níveis de industrialização e de organização, constituído por um conjunto de elementos e componentes inter-relacionados e completamente integrados pelo processo.” Entretanto, neste trabalho será adotada a diferenciação entre processo e sistema construtivo.

Szücs (1990) apresenta o trabalho do arquiteto Walter Segal, denominado Método Segal, onde o sistema construtivo é tratado como conjunto de componentes e elementos combinados segundo um determinado princípio estrutural para formar a edificação. O processo vai desde o projeto até a construção e deve responder aos recursos materiais, humanos, ambientais, tecnológicos e financeiros do contexto. Estes serão os conceitos de processo e de sistema construtivo adotados nesta dissertação. Assim, apesar do foco deste trabalho ser o produto, isto é, o sistema construtivo, o processo construtivo será estudado, a fim de se analisar qual o nível de industrialização mais adequado para o caso em estudo nesta dissertação.

Os sub-sistemas, elementos e componentes do sistema construtivo em estudo serão rapidamente apresentados no próximo item (objeto de estudo) e, com maior profundidade, no Capítulo 3.

#### **1.4. OBJETO DE ESTUDO**

Na definição do objeto de estudo desta dissertação, o acompanhamento da execução do protótipo Battistella-UFSC foi essencial. Através do monitoramento da montagem no canteiro foi possível descrever e decompor o sistema Battistella-UFSC, identificando seus sub-sistemas, quais sejam: Fundação, Piso / Entrepiso, Parede, Telhado, Esquadrias, Acabamento e Instalações.

Basicamente, o sistema (Figura 2) é formado por uma trama estrutural de pequenos elementos esbeltos, que juntamente com os elementos de fechamento, respondem pela função estrutural e de vedação. Tem como sistema estrutural de referência o Sistema Plataforma. Os elementos de fechamento são as chapas laminadas<sup>9</sup> usadas nos principais sub-sistemas (Piso / Entrepiso, Parede e Telhado).

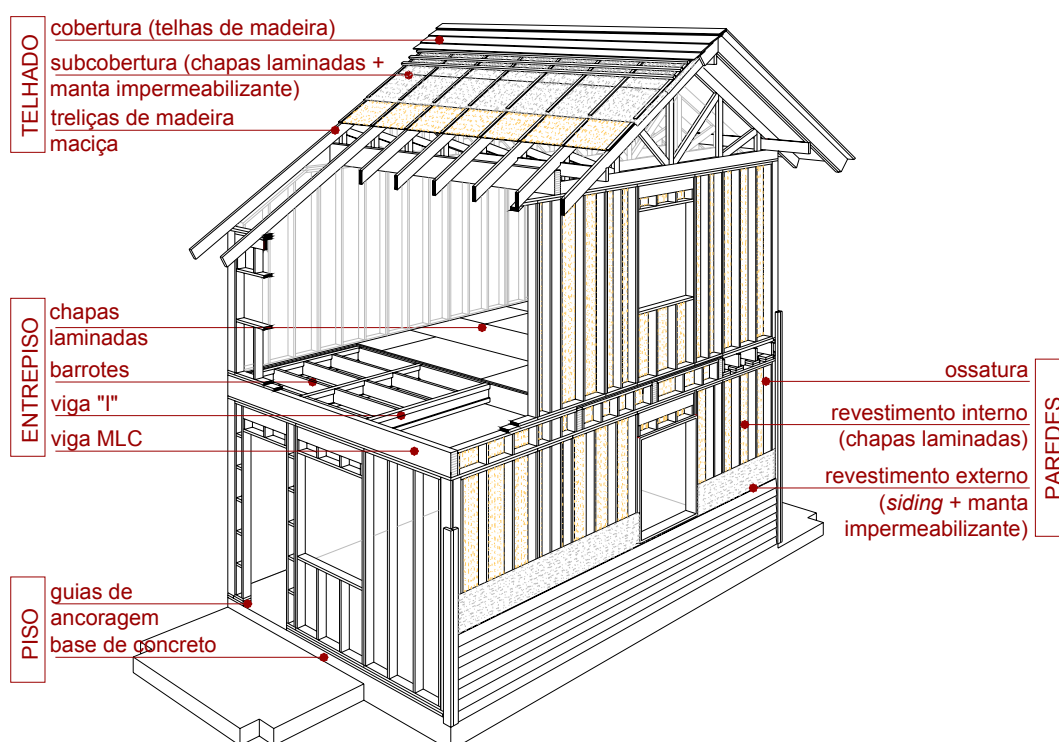


Figura 2: Os principais sub-sistemas

Considerando o sistema construtivo aplicado na pesquisa citada, foram destacados dois sub-sistemas como objeto de estudo desta dissertação. Dois critérios foram adotados para a escolha: 1) a aplicação dos pressupostos simplicidade construtiva e evolutividade e; 2) a inter-relação entre sub-sistemas pela aplicação destes pressupostos.

<sup>9</sup> Chapas laminadas, ou chapas de compensado laminado, são chapas compostas de lâminas de madeira de pequena espessura, em número ímpar e coladas entre si através de adesivo. Cada lâmina é disposta de forma que a direção das suas fibras forme um ângulo de 90° com as fibras da lâmina adjacente. Isto faz com que uma compense a outra, fornecendo maior estabilidade e possibilitando que algumas propriedades físicas e mecânicas sejam superiores às da madeira original (IPT, 2003).

Em se tratando de sistema construtivo ainda não difundido no Brasil, é necessário maior rigor construtivo, como forma de garantir desempenho estrutural adequado às funções a que se presta a edificação. Desta forma, a simplicidade construtiva é essencial para a garantia da qualidade da execução. Isto se aplica principalmente aos sub-sistemas Parede e Piso, enquanto suporte estrutural do conjunto edificado.

Também aos sub-sistemas Parede e Piso está vinculada a capacidade evolutiva da edificação, uma vez que, no caso de uma ampliação, deve-se resolver o encontro entre piso e parede existentes e piso e parede novos, sem perda de qualidade e sem prejudicar a estabilidade estrutural.

Quanto à inter-relação entre sub-sistemas, no sistema construtivo Plataforma, que será descrito com mais detalhes no decorrer do trabalho, a junção entre piso e parede é responsável pela transmissão das cargas, o que reforça a importância deste encontro na resolução estrutural da edificação. Assim, define-se como objeto de estudo os **sub-sistemas Piso e Parede**, descritos rapidamente na sequência.

#### 1.4.1. Sub-sistema Piso

No protótipo, a solução adotada para o piso corresponde a uma base de concreto, o *radier*<sup>10</sup>, à qual são fixadas guias de ancoragem da ossatura das paredes, como mostra a Figura 3. Esta solução foi adotada por circunstâncias locais, podendo ainda ser utilizadas vigas baldrame e contrapiso ou sapatas corridas ou isoladas com estrutura do piso em madeira.

---

<sup>10</sup> A fundação do tipo *radier* consiste em uma laje armada e espessa que trabalha como uma única sapata, transmitindo uniformemente as cargas da estrutura para o solo.

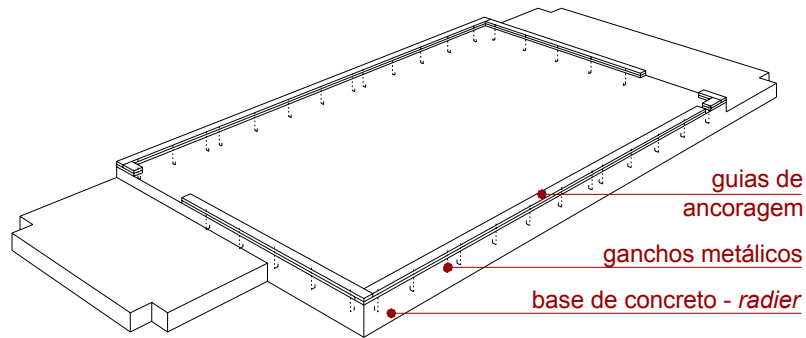


Figura 3: Solução adotada no piso do protótipo

No âmbito desta dissertação, será considerado sub-sistema Piso, a solução adotada no entrepiso do protótipo em questão, por coerência e afinidade conceitual com a solução adotada nas paredes.

O entrepiso do protótipo é estruturado por vigas MLC (Madeira Laminada Colada), vigas de seção “I” e barrotes de madeira maciça, interligados entre si por conectores metálicos (Figura 4). O fechamento é feito por dupla camada de chapas laminadas que auxiliam no travamento do conjunto.

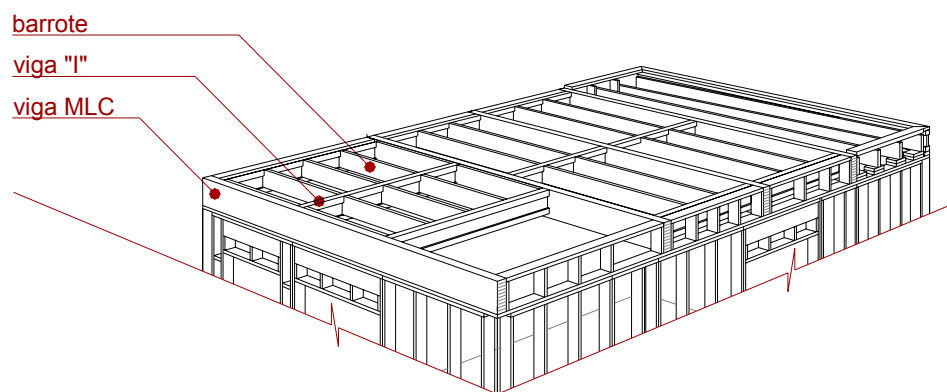


Figura 4: Solução adotada no entrepiso do protótipo

### 1.4.2. Sub-sistema Parede

O sub-sistema Parede possui função estrutural e de vedação. É constituído por ossatura e revestimento em ambos os lados. A ossatura é composta por montantes de madeira maciça que formam painéis nas dimensões de 122 x 244 cm, correspondendo às dimensões das chapas laminadas que constituem o revestimento interno. Este trabalha estruturalmente, estabilizando os painéis. A vedação externa é realizada em tábuas finas do tipo *siding*. Os painéis são fixados ao piso através das guias de ancoragem. Sobre eles é pregada uma peça contínua de madeira (frechal), que completa a estabilidade do conjunto (Figura 5).

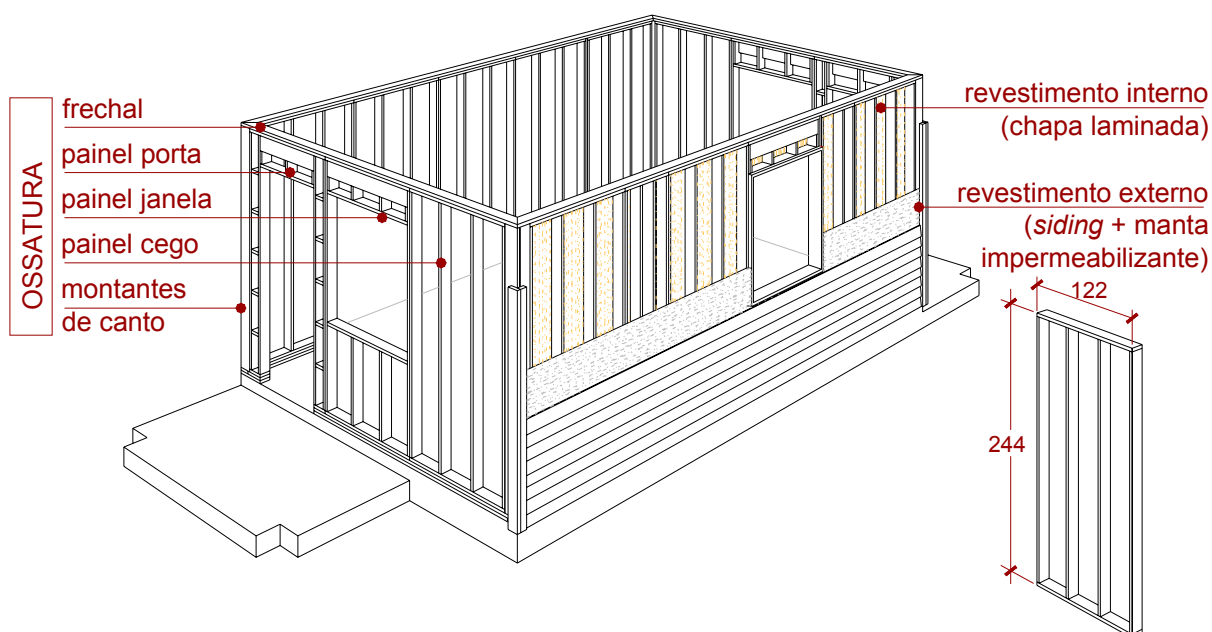


Figura 5: Sub-sistema Parede



## 1.5. OBJETIVOS

Esta dissertação tem como objetivo geral revisar as soluções de piso e parede do sistema Battistella-UFSC, do ponto de vista da simplicidade construtiva e da capacidade de ampliação, visando sua aplicação na construção de habitações populares.

Os objetivos específicos são:

- Identificar os atributos de simplicidade e de evolutividade que podem ser agregados à solução construtiva aplicada ao Sistema Battistella-UFSC – visa adequar a solução proposta a processo executivo semi-industrializado, mais adequado ao contexto sócio-econômico da população-alvo.
- Decompor os sub-sistemas Piso e Parede do sistema Battistella-UFSC – visa identificar detalhes ou elementos da solução aplicada que dificultem a compreensão e/ou execução por parte do construtor, tanto na instalação da obra quanto na fase de manutenção ou transformação da edificação.
- Redesenhar os sub-sistemas Piso e Parede do sistema Battistella-UFSC – visa corrigir detalhes ou elementos da solução aplicada destacados no item anterior, com vistas à sua melhor adequação a uma construção simples, segura e evolutiva.
- Promover um suporte técnico local para difundir o uso da madeira na construção de habitações.

## 1.6. MÉTODOS E TÉCNICAS

Para identificação dos atributos de simplicidade e de evolutividade, voltados para soluções construtivas em madeira, será realizada pesquisa bibliográfica acerca dos seguintes temas:

- industrialização da construção e construtibilidade
- processos construtivos e flexibilidade da construção
- princípios básicos da construção em etapas

Com vistas à decomposição dos sub-sistemas Piso e Parede do sistema Battistella-UFSC, será utilizado o método descritivo, com detalhamento minucioso dos componentes e dos vínculos existentes entre eles.

O trabalho envolve igualmente o redesenho das soluções aplicadas, com destaque nas junções entre parte existente e parte nova da obra.

## CAPÍTULO 2

# SISTEMAS E PROCESSOS CONSTRUTIVOS EM MADEIRA E A HABITAÇÃO POPULAR

### 2.1. SISTEMAS CONSTRUTIVOS EM MADEIRA

#### 2.1.1. Evolução histórica

Segundo o CTBA (1995), no século XV existiam na Europa três técnicas que utilizavam largamente a madeira na construção de habitações: a técnica da alvenaria de pedras com pisos em madeira, a técnica das peças superpostas e a técnica do enxaimel.

Nas edificações de **alvenaria de pedras com piso em madeira** as paredes são portantes e os pisos feitos de troncos de árvores. Entretanto, são necessários troncos de grandes dimensões, dificultando a execução do piso (CTBA, 1995).

Na técnica de **peças superpostas**, as paredes são compostas de troncos de árvores, roliços ou com superfícies aparadas, encaixados nos cantos, como mostra a Figura 6. As paredes possuem tripla função: vedação, isolamento térmico e estrutura. Esta técnica foi especialmente utilizada em regiões montanhosas, frias e de florestas de espécies duras e resinosas. Eram edificações de característica rural, onde as ferramentas simples do carpinteiro eram suficientes para a execução. Não favorecia a construção de vários pavimentos (CTBA, 1995).

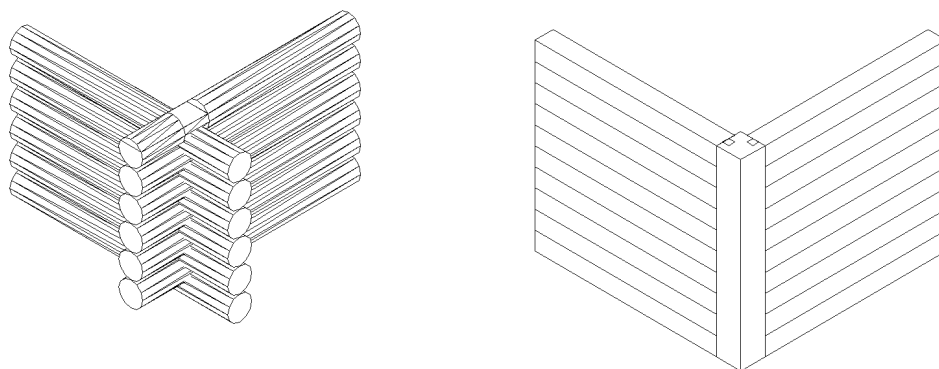


Figura 6: A técnica de peças superpostas

A técnica mais difundida foi o **enxaimel**. Nesta técnica a estrutura é constituída por um esqueleto de peças de madeira, formando os pisos e as paredes, como ilustra a Figura 7. Os vãos formados entre as peças são preenchidos com diferentes materiais, como barro, barro misturado com fibras vegetais, tijolos e pedras (CTBA, 1995).

Já as paredes divisórias não portantes, acrescenta Götz (1987), são formadas por uma ossatura leve colocada entre os pilares. Götz (1987) acrescenta também que os vãos entre os pilares são freqüentemente menores do que o vão que seria requerido pelas cargas. Além disso, a diminuição das seções nas ligações por encaixe são compensados por peças de madeira com seções maiores. Barras oblíquas encaixadas nas vigas ou nos pilares contribuem para a rigidez da edificação (GÖTZ, 1987).

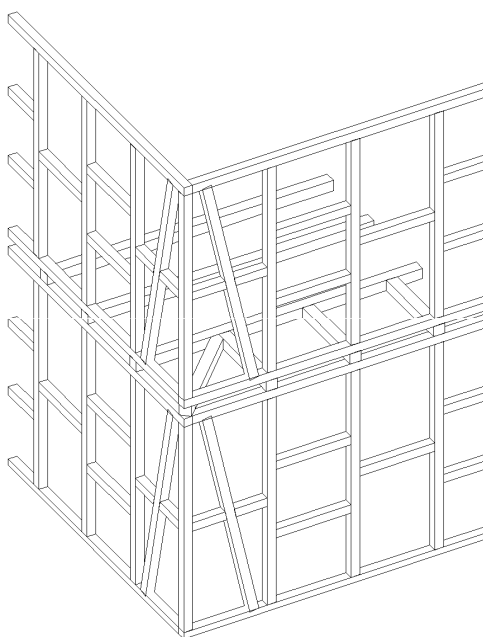


Figura 7: A técnica do enxaimel

Dentro da técnica do enxaimel, o método mais antigo foi o **enxaimel de peças longas**, onde a altura dos pilares corresponde à altura da edificação, do piso inferior ao telhado. As peças horizontais são unidas às verticais, formando a estrutura dos pisos. Assim, esta técnica apresentava o inconveniente de exigir grandes troncos retilíneos de 7 a 10 metros de comprimento, nem sempre disponíveis. Isto também limitava a edificação a poucos pavimentos e dificultava a execução, no momento do içamento e transporte dos pilares, sendo pouco adaptada a cidades com ruas estreitas (CTBA, 1995).

Desta forma, em meados do século XVI, foi adotado o método dito **enxaimel de peças curtas**, onde os pilares correspondem à altura de um pavimento. São interrompidos a cada nível por vigas intermediárias, que formam a estrutura horizontal do piso, servindo de plataforma para a execução do próximo pavimento (CTBA, 1995). A Figura 8 mostra a diferença entre a junção da estrutura de piso e de parede no enxaimel de peças longas e no de peças curtas.

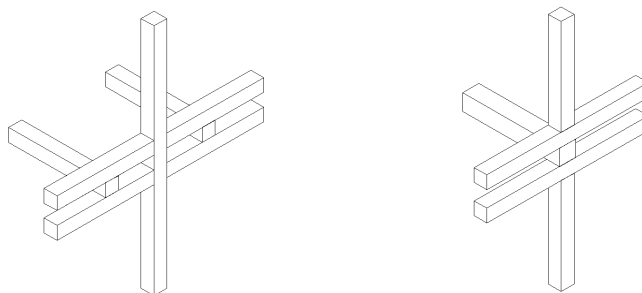


Figura 8: Junção entre piso e parede no enxaimel de peças longas e no de peças curtas

O alto conhecimento da técnica do enxaimel de peças curtas por parte dos carpinteiros, a possibilidade de utilização de troncos menos retilíneos e a leveza das peças, possibilitava rapidez e economia na execução. Assim, no final da Idade Média, casas em enxaimel em vários pavimentos eram construídas nas cidades européias (CTBA, 1995).

A tradição de construir em madeira foi levada à América do Norte através dos colonizadores, de modo que, já no início da Primeira Guerra Mundial, 90% das casas em Quebec utilizavam a técnica do enxaimel (CTBA, 1995).

A partir do século XIX, o enxaimel evoluiu devido à necessidade de maior racionalização na utilização da madeira, diante da redução das superfícies arborizadas da América e da Europa, e ao desenvolvimento industrial, este especialmente nos Estados Unidos. O desenvolvimento industrial contribuiu com dois fatores: 1) a produção de serras mecânicas que tornaram possível a redução da seção das peças e sua padronização e 2) a fabricação de pregos em usinas, o que até então era feito manualmente e a preços elevados. Estes fatores possibilitaram maior leveza às ligações e rapidez na execução, além de tornar possível a pré-fabricação de elementos estruturais em madeira (CTBA, 1995; SZÜCS, 1991).

Também o preenchimento dos vãos da ossatura das paredes, que antes era feito com diferentes materiais, foi substituído por tábuas pregadas interna e externamente às paredes, completando a rigidez da estrutura. No princípio da década de 50, as tábuas foram substituídas pelos então surgidos painéis derivados de madeira, também acompanhados de melhorias nas ligações e nas instalações (CTBA, 1995). O vão entre o fechamento interno e o externo, além de facilitar a execução das instalações elétricas e sanitárias, pode ser preenchido com material isolante térmico, quando necessário.

Assim, do enxaimel de peças longas surgiu o sistema balão, e do enxaimel de peças curtas o sistema plataforma. Segundo Szücs (1991), tanto os sistemas nervurados - sistema balão e plataforma - como os hierarquizados, ou pilar-viga, são derivados do enxaimel. São soluções diferentes, mas baseadas no mesmo princípio da separação entre estrutura e fechamento. Estes sistemas serão descritos mais detalhadamente na seqüência deste documento, bem como os sistemas de painéis, onde não há dissociação entre estrutura e fechamento.

### **2.1.2. Os sistemas contemporâneos em madeira**

Segundo Götz (1987), na construção em madeira tem-se de um lado a construção em ossatura de madeira e de outro a construção em madeira maciça ou em painéis, ditas construções fechadas. A técnica do enxaimel e a técnica das peças superpostas, já descritas, situam-se, respectivamente, dentro do grupo das construções em ossatura de madeira e das construções fechadas. A descrição dos sistemas contemporâneos em madeira, apresentada na seqüência, é feita a partir destes dois grupos de sistemas.

### 2.1.2.1. Sistemas em ossatura de madeira

#### Sistemas hierarquizados

Os sistemas hierarquizados, ou sistemas pilar-viga, se caracterizam pela existência de uma estrutura principal que transmite as cargas para as fundações. Utiliza peças de madeira de seções diferentes, em função do posicionamento na estrutura. Os elementos de parede, de piso e de forro participam no contraventamento do conjunto absorvendo as cargas e transmitindo-as para a estrutura principal (SZÜCS, 1991). A disposição dos elementos da estrutura principal pode variar, como mostra a Figura 9.

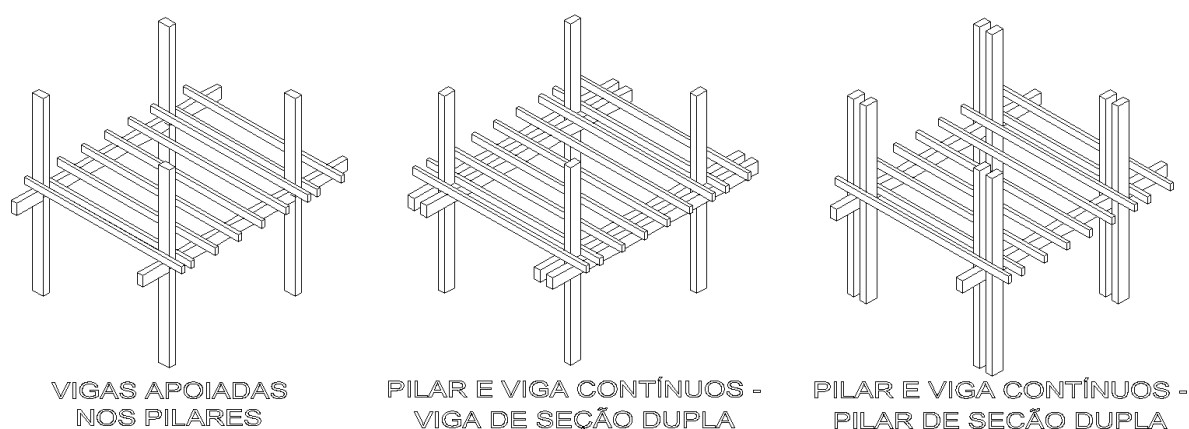


Figura 9: Algumas variações do sistema pilar-viga

#### Sistemas nervurados

Segundo Götz (1987), nas construções nervuradas as partes portantes são compostas de peças de madeira de pequenas dimensões, em geral 5 x 10cm, dispostas a cada 60 cm e com ligações pregadas. Os montantes das paredes recebem revestimento em um ou nos dois lados, contribuindo na transmissão das cargas.



De acordo com Szücs (1991), os sistemas nervurados são caracterizados por um conjunto estrutural integrado, constituído de numerosos elementos de pequena seção, formando as paredes, os pisos e o telhado. Em comparação com os sistemas hierarquizados, a construção é mais rápida, mas necessita de maior quantidade de material. As paredes, os pisos e os forros contribuem com o contraventamento (SZÜCS, 1991).

Götz (1987) cita como sistemas nervurados o sistema Balão e o Plataforma. No Balão os montantes das paredes são contínuos de um pavimento a outro. Aos montantes são fixados elementos horizontais principais, sobre os quais se apóiam as vigas secundárias, como mostra a Figura 10.

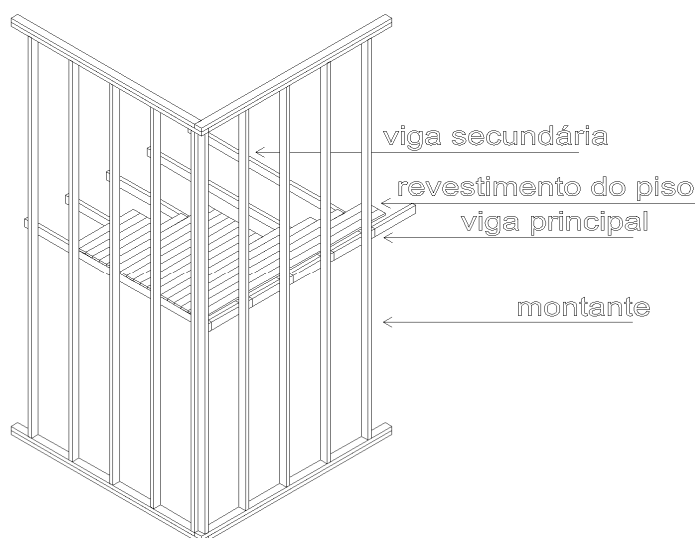


Figura 10: Sistema Balão

No Plataforma os montantes das paredes apresentam a altura de um pavimento. Sobre estes componentes é apoiada uma travessa de amarração e, assim, as paredes funcionam como vigas principais, que suportam as vigas secundárias. Estas recebem um revestimento, sobre o qual é executado o próximo pavimento (GÖTZ, 1987), como mostra a Figura 11.

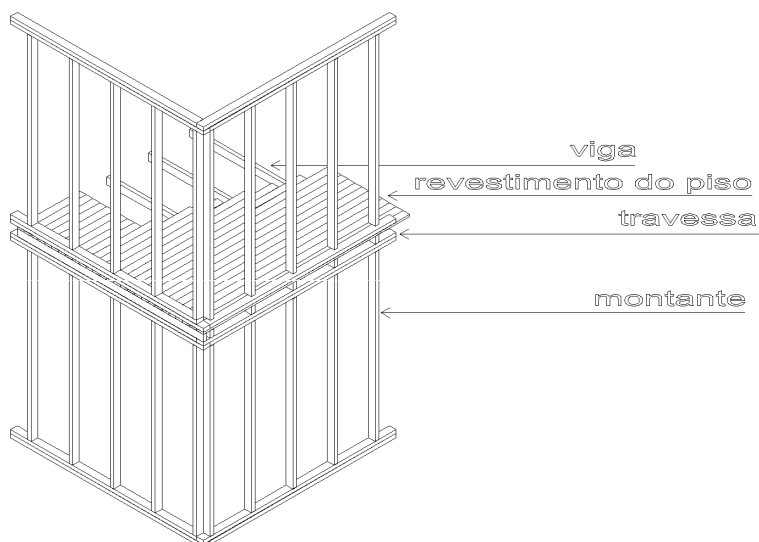


Figura 11: Sistema Plataforma

Assim, a diferença entre o Balão e o Plataforma corresponde à diferença entre o enxaimel de peças longas e o enxaimel de peças curtas. Szücs (1991) acrescenta ainda, entre os sistemas nervurados, as estruturas em pórticos (Figura 12).

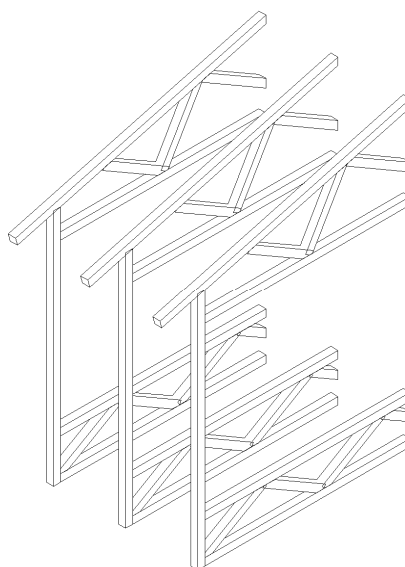


Figura 12: Estrutura em pórtico

Segundo Götz (1987), a utilização de componentes pré-fabricados no fechamento atual das estruturas em ossatura de madeira, exige um sistema de coordenação modular. Atualmente, nos países onde estes sistemas construtivos são difundidos, existe uma preocupação com a compatibilização dimensional dos componentes, através da padronização e normalização. Assim, a coordenação dimensional possibilita a produção de habitações em ciclo aberto, com componentes diversificados.

De acordo com Einsfeld et al (1998), como elemento de fechamento interno e externo, atualmente são utilizadas chapas de compensado laminado ou OSB<sup>11</sup>. Sobre a chapa externa, as paredes são revestidas ainda por tábuas de madeira superpostas horizontalmente. Também se utiliza para esta função revestimento em argamassa ou tábuas de vinil ou alumínio. Sobre as chapas internas são utilizadas placas de gesso acartonado que, além de proporcionar acabamento de qualidade na superfície interna, são necessárias na proteção contra incêndio, servindo de barreira para a propagação do fogo (EINSFELD et al, 1998).

O piso do pavimento térreo pode ser de concreto ou de madeira. Neste caso o piso é formado por vigotas dispostas paralelamente, pouco espaçadas, cuja forma da seção transversal pode variar desde a seção quadrada maciça até as seções “I” em madeira, assim como ocorre nos entrepisos. O fechamento é também feito por chapas laminadas ou OSB. Para o telhado uma alternativa muito usada nos últimos anos são treliças leves pré-fabricadas que se apóiam nas paredes externas. Aqui também são usadas chapas, formando a subcobertura (EINSFELD et al, 1998).

---

<sup>11</sup> *Oriented Strand Board* ou painéis de partículas orientadas são painéis formados por camadas de partículas ou de feixes de fibras com resinas fenólicas, que são orientados numa mesma direção e então prensados para sua consolidação. Cada painel consiste de três a cinco camadas, orientadas em ângulo de 90° umas com as outras, proporcionando resistência mecânica (IPT, 2003).

### **2.1.2.2. Sistemas de painéis portantes**

Neste sistema não existe estrutura principal. Os pisos, as paredes e os forros são formados por painéis, constituídos de ossatura e fechamento interno e externo, respondendo pela função estrutural e de contraventamento (SZÜCS, 1991).

Segundo Hoor (1987), neste sistema os painéis são pré-fabricados na usina, de acordo com um sistema modular, restando apenas uni-los no canteiro. A ossatura do painel – montantes verticais, espaçador e travessas superior e inferior – recebe fechamento nos dois lados e interiormente pode receber isolamento térmico. O fechamento absorve os esforços horizontais e as cargas verticais são transmitidas aos montantes dos painéis. Hoor (1987) apresenta a classificação dos painéis portantes em função das dimensões, conforme segue.

#### Painéis de pequenas dimensões

Os painéis de pequenas dimensões apresentam a altura de um pavimento e a largura entre 1,00 e 1,20 metro. Cada painel é fixado à fundação através da travessa inferior da ossatura e, na seqüência, são ligados entre si, formando as paredes. As vigas do entrepiso ou das estruturas de telhado são apoiadas no alinhamento dos montantes da ossatura (HOOR, 1987), conforme mostra a Figura 13.

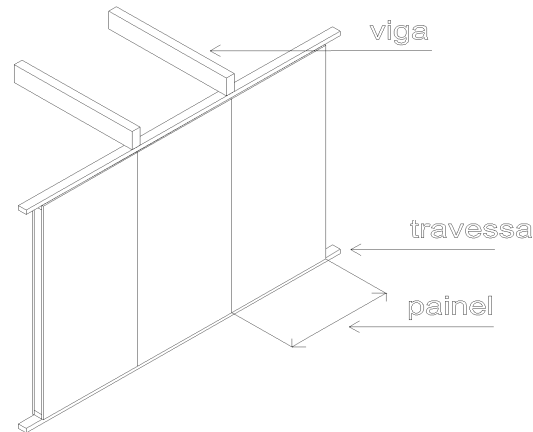


Figura 13: Painéis de pequenas dimensões

### Painéis de grandes dimensões

Os painéis de grandes dimensões também apresentam a altura de um pavimento e a largura pode chegar a 10 metros. Em princípio são constituídos de painéis de pequenas dimensões unidos na usina, entretanto, as travessas superior e inferior são contínuas. São utilizados também como elementos de piso e telhado. Aqui também as cargas são apoiadas no alinhamento dos montantes das paredes (HOOR, 1987), como mostra a Figura 14.

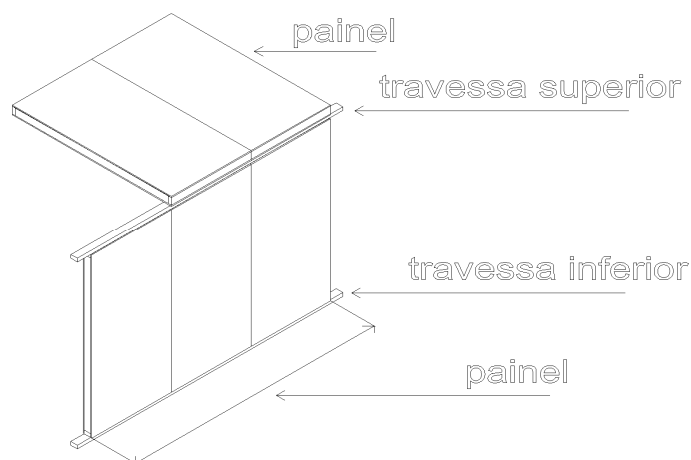


Figura 14: Painéis de grandes dimensões

### Elementos espaciais

Aqui o nível de industrialização é mais elevado. Trata-se de unidades abertas em alguns lados ou totalmente fechadas (Figura 15), cuja ossatura, fechamentos e redes de instalações são fabricados na usina, restando para o canteiro apenas a montagem sobre a fundação executada antecipadamente (HOOR, 1987).

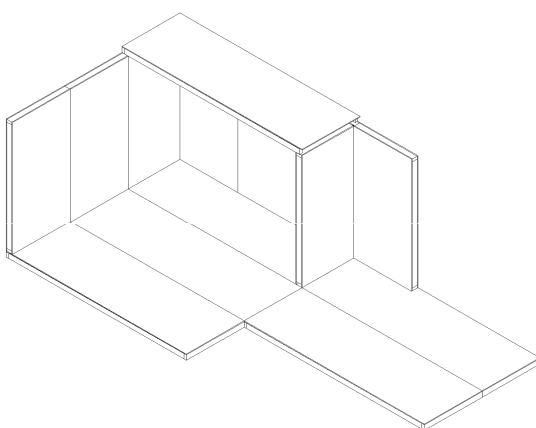


Figura 15: Elementos espaciais

Segundo Szücs (1991), as diferentes soluções que empregam a madeira atualmente são derivadas destes sistemas apresentados. A tecnologia avança, com a melhoria das ligações e dos elementos, além da melhoria em termos de conforto e durabilidade, mas os princípios estruturais dos sistemas apresentados permanecem, respondendo às necessidades estruturais e construtivas atuais.

Tanto nos sistemas nervurados como nos hierarquizados, são necessárias apenas ferramentas simples para a execução no canteiro, e as ligações são simples, em geral pregadas. Já o sistema de painéis portantes tem a necessidade de uma indústria muito mais desenvolvida que os outros sistemas apresentados, o que limita muito sua utilização (SZÜCS, 1991).

De acordo com Dias, Santos e Szücs (2003), os sistemas nervurados, em especial o Plataforma, apresentam características construtivas que favorecem a industrialização, a padronização e a racionalização da construção, “incorporando ganhos em termos de qualidade, durabilidade, segurança e redução de custos”. Os autores citam ainda como vantagens do Plataforma o emprego racional da madeira de floresta plantada, a rapidez de execução, a menor necessidade de espaço para instalação do canteiro de obras, o peso reduzido da estrutura e a conseqüente economia na etapa de fundação.

Entretanto, ainda segundo Dias, Santos e Szücs (2003), há a necessidade de se investir em estudos e pesquisas no intuito de adequar o Plataforma às condições brasileiras, especialmente quando se trata da habitação popular, onde os pressupostos já citados – a evolutividade e a simplicidade construtiva – são essenciais para se obter soluções de baixo custo e de qualidade.

O sistema em estudo nesta dissertação tem como sistema de referência o Plataforma e, conforme já citado, deverá atender à simplicidade construtiva e à evolutividade, definidos como parâmetros norteadores da revisão. Para isso, é necessário definir o quê, na prática, faz o sistema ser simples e evolutivo, o que será feito através da fundamentação teórica apresentada na seqüência.

Inicialmente será estudado de que forma o nível de industrialização do processo construtivo pode contribuir com a simplicidade construtiva e com a evolutividade. Na seqüência serão estudados princípios para a construção de habitação popular em madeira com vistas a definir os atributos de simplicidade construtiva e de evolutividade.

## 2.2. O NÍVEL DE INDUSTRIALIZAÇÃO DO PROCESSO CONSTRUTIVO

Arruda (2000) apresenta a classificação dos processos construtivos em função do grau de industrialização, baseando-se nas obras de Martucci (1990) e JUNAC (1984 apud ARRUDA 2000). De acordo com esta classificação, os processos construtivos dividem-se em: **não industrializados** (artesanal e tradicional), **semi-industrializados** (tradicional racionalizado e pré-fabricado parcialmente) e **industrializados**, resumidos na seqüência.

### Processos construtivos não industrializados

Nestes processos a principal característica é o uso das tradições locais e os materiais empregados sofrem poucas transformações. Subdividem-se em artesanal e tradicional. No processo artesanal, o mais antigo, os materiais, disponíveis no local, são utilizados sem muitas transformações. A madeira lavrada ou roliça é muito utilizada, especialmente nas coberturas que são, em geral, apoiadas em paredes de pedra, adobe ou taipa de mão. Os métodos de construção baseiam-se muitas vezes no trabalho coletivo ou familiar, produzindo uma arquitetura vernacular.

Já no processo construtivo tradicional, os materiais sofrem poucas transformações na indústria e praticamente nenhuma no canteiro. É o caso da produção por autoconstrução de edificações em madeira no Brasil, onde as peças vão das serrarias ou madeireiras para o canteiro nas seções finais em que serão usadas. Apenas o comprimento das peças é ajustado durante a montagem da edificação.



### Processos construtivos semi-industrializados

Nos processos construtivos semi-industrializados a porcentagem de atividades realizadas nas unidades de pré-fabricação é quase igual à porcentagem de atividades realizadas em canteiro. O aumento de atividades na fábrica se deve à multiplicação de componentes e elementos iguais, inseridos no sistema. Tais processos subdividem-se em tradicional racionalizado e pré-fabricado parcialmente.

O processo tradicional racionalizado surgiu da necessidade de redução de custo das obras. É considerado o método mais antigo de pré-fabricação e se diferencia pela busca de maior racionalização, aumentando a produtividade. Entretanto, neste processo os componentes ainda não são trabalhados na usina, não exigindo ferramentas e equipamentos muito sofisticados. São apenas pré-cortados, pré-furados e codificados para posterior identificação no canteiro.

Já o processo construtivo pré-fabricado parcialmente é caracterizado pela união de componentes formando elementos, o que é feito em função de critérios de coordenação modular. Assim acumula-se um maior número de atividades na unidade de pré-fabricação, onde são fabricados elementos através de equipamentos mais sofisticados de usinagem e gabaritos ou mesas de pré-fabricação, garantindo maior rigor construtivo. No canteiro o trabalho se reduz à montagem dos elementos, que pode ser realizado pelos operários, em geral, sem a necessidade de içamento por equipamento mecânico.

### Processos construtivos industrializados

No processo construtivo industrializado as unidades construtivas são quase totalmente fabricadas na usina, não só por meio da produção de elementos, mas de módulos multifuncionais e tridimensionais, o que reduz as atividades em obra. A montagem no canteiro se faz em questão de dias e necessita de mão-de-obra altamente especializada.

Szücs (1991) também classifica o nível de industrialização do processo construtivo. Entretanto, a autora diferencia nível de industrialização de nível de pré-fabricação. O nível de industrialização diz respeito ao grau de dependência da indústria, enquanto que o nível de pré-fabricação se refere ao tratamento dado a elementos e componentes antes da montagem da edificação, o que pode ser feito tanto na indústria como no canteiro.

A autora apresenta ainda a classificação do nível de industrialização em função da distribuição de tarefas entre indústria e canteiro e em função de critérios como a utilização de elementos metálicos nas ligações e a necessidade de transporte especial, conforme mostra a Tabela 1.

**Tabela 1 – Nível de industrialização**  
**Adaptado de Szücs (1991)**

Níveis de industrialização	Critérios de classificação			
	Tarefas na indústria	Tarefas no canteiro	Ligações	Transporte
Elevado	Fabricação parcial ou total dos componentes; Os componentes constituintes das partes importantes do conjunto construtivo chegam acabados <sup>12</sup> da indústria; Dependência da indústria em no mínimo 50% das tarefas.	Instalação dos componentes constituintes das partes importantes do conjunto construtivo sem a necessidade de adaptações. Caso correções dimensionais sejam necessárias, são efetuadas com a utilização de ferramentas especiais.	Utilização de elementos metálicos especiais no conjunto construtivo.	Necessidade de transporte especial.
Médio	Fabricação de uma pequena parte dos componentes; Apenas os componentes leves chegam acabados da indústria; Dependência da indústria entre 20 e 50% das tarefas.	Necessidade de adaptações dimensionais e de detalhes especiais definidos no projeto, mas sem a necessidade de ferramentas especiais.	Utilização de elementos metálicos especiais apenas na instalação da estrutura principal.	Necessidade de transporte especial apenas para os elementos da estrutura principal.
Baixo	Tratamento prévio dos componentes; Dependência da indústria em no máximo 20% das tarefas.	Adaptações dimensionais apenas no comprimento dos componentes, com a utilização de ferramentas simples.	Utilização de elementos metálicos simplificados no conjunto construtivo.	Não há a necessidade de transporte especial.
Ausente	Utilização dos componentes na forma como se apresentam no mercado, sem a necessidade de adaptações dimensionais importantes.	Adaptações dimensionais feitas apenas com ferramenta manuais.	Utilização apenas de pregos e parafusos.	

Nesta dissertação o nível de industrialização será tratado como o nível de dependência com relação à indústria, podendo ser elevado, médio, baixo ou ausente, de acordo com a classificação de Szücs (1991). O termo pré-fabricação estará se referindo às tarefas que podem ser feitas tanto no canteiro como na

<sup>12</sup> O termo “acabado” aqui se refere à finalização dos trabalhos referentes à produção do componente, e não à pintura ou aplicação de verniz, por exemplo.

indústria, mas sem depender desta, como, por exemplo, a execução de entalhes para encaixes, furos para ligações ou passagem de instalações, ajustes no comprimento e união de componentes, desde que não dependam da utilização de máquinas pesadas e/ou equipamentos especiais.

Um nível de pré-fabricação elevado será considerado aquele que exige muitas tarefas para instalação na obra dos componentes disponibilizados pela indústria, enquanto que em um nível baixo de pré-fabricação os componentes estão prontos para formar a edificação.

Ao tratar de sistemas construtivos para habitação de interesse social, Krüger (2003) afirma que a adoção de processos industrializados “seria social e economicamente desestabilizante, pois o setor é responsável pela geração de empregos para a mão-de-obra não qualificada (...)”. Além disso, segundo aquele autor, este processo apresenta problemas como os custos elevados de transporte devido às estruturas de grande porte, a necessidade de um mercado contínuo devido à impossibilidade de estocagem do produto pronto, e o fato da comercialização restringir-se ao ciclo fechado, onde a indústria detém o monopólio dos componentes e elementos constituintes. Krüger é favorável à pré-fabricação em usina, através da qual é possível um maior controle dos princípios industriais de repetição e organização da produção, restando para a etapa no canteiro a montagem dos elementos construtivos.

Alonso et al (1999), observam que não se deve associar desenvolvimento tecnológico e desenvolvimento industrial, apesar de não serem conceitos divergentes. Isto é, nem sempre um nível de industrialização mais elevado, com maior número de elementos industrializados, corresponde à tecnologia mais

apropriada para o contexto, devendo-se considerar “as condições físicas locais, a geografia, a tradição, os recursos humanos e materiais, a capacidade de organização e as formas de produção do meio que incorpora esta tecnologia” (ALONSO et al, 1999, p. 10).

Assim, parque industrial e mão-de-obra, disponíveis na região, devem ser considerados na definição do nível de industrialização mais adequado. Como já citado, o estado de Santa Catarina apresenta uma reserva florestal considerável e um parque industrial madeireiro desenvolvido, que atua em todas as etapas do manejo (desdobro, secagem, usinagem, tratamento e pré-fabricação). Entretanto, apesar de existir na região uma tradição em construir com a madeira, o sistema plataforma não é difundido, e a mão-de-obra disponível em geral não é qualificada.

Desta forma, um nível de industrialização ausente ou baixo se mostra inadequado para o contexto deste trabalho, não só pelo risco de perda de qualidade como por não aproveitar o potencial industrial existente.

A fim de simplificar o processo no canteiro, pretende-se aproveitar o potencial do parque industrial regional, através da utilização de componentes industrializados como chapas derivadas de madeira e vigas “I”, já presentes no sistema construtivo em estudo, e, principalmente, através da pré-fabricação na indústria.

Segundo Arruda (2000), a pré-fabricação de componentes e elementos na indústria emprega equipamentos, máquinas e ferramentas de modo a proporcionar rigor construtivo e controlar a qualidade e os custos da produção, minimizando as possibilidades de erros no canteiro. As atividades no canteiro seriam reduzidas à montagem de componentes e elementos, formando os sub-sistemas.

Entretanto, a dependência da indústria deve se dar na produção de componentes e elementos, e não na produção da edificação. Assim, com os mesmos componentes e elementos é possível obter variadas soluções construtivas e espaciais, proporcionando flexibilidade à construção. Para isso, o sistema construtivo deve atender à **coordenação modular** que, além de permitir a utilização de componentes e elementos vindos de diferentes indústrias, minimiza custos e desperdícios.

O sistema construtivo em estudo é comercializado em **ciclo fechado**, isto é, a edificação é produzida na indústria e montada no canteiro, por mão-de-obra especializada. Entretanto, neste trabalho considera-se a aplicação do sistema construtivo na construção de habitação popular, onde muitas vezes quem coordena a construção é o próprio usuário. Neste caso, a edificação seria produzida em **ciclo aberto**, com a produção de componentes e elementos feita por diferentes indústrias e sua união feita no canteiro por mão-de-obra especializada ou semi-especializada. Isto pode se aplicar a toda a edificação, ou apenas às ampliações, e seria possível com um nível médio de industrialização, viabilizando ao usuário ampliar a edificação sem dependência da indústria.

Assim, de acordo com o que foi exposto, para o caso em estudo será considerado como mais adequado um **nível de industrialização médio**, com **alto nível de pré-fabricação**.

O nível de pré-fabricação na indústria, ou seja, a forma como os componentes e elementos devem chegar ao canteiro, será aprofundado na seqüência, juntamente com a definição dos atributos de simplicidade construtiva e de evolutividade.

### 2.3. ATRIBUTOS DE SIMPLICIDADE CONSTRUTIVA E DE EVOLUTIVIDADE

A bibliografia consultada (SZÜCS, 1991; ARRUDA, 2000) para a definição dos atributos de simplicidade construtiva e de evolutividade trata da habitação popular em madeira.

Em se tratando de construção habitacional para população de baixa renda e considerando, como já mencionado, que tal população não constrói sua casa de maneira contínua, porém em etapas muitas vezes distantes, uma da outra, no tempo, um paralelo com o processo autoconstrutivo pode aqui ser feito. Em sua tese, Szücs (1991) define pressupostos para a autoconstrução que poderiam igualmente ser aplicados ao objeto desta dissertação. São eles: a evolutividade, a economia e a simplicidade construtiva. Para cada pressuposto são colocados objetivos a atingir e as respostas a estes objetivos.

Arruda (2000) toma ainda como base os requisitos do mutirão, definidos como sendo a utilização de mão-de-obra desqualificada e mista e a economia em todas as etapas da construção. As diretrizes foram sistematizadas pelo autor a partir de quatro características: 1) processos construtivos semi-industrializados; 2) métodos construtivos racionalizados; 3) coordenação modular e 4) capacidade evolutiva da habitação.

Os princípios apresentados pelos autores foram organizados na tabela do Anexo A e analisados visando à adequação ao contexto deste trabalho, resultando na lista de atributos de simplicidade construtiva e evolutividade.

Quanto à evolutividade, antes de apresentar os atributos, é necessário fazer algumas considerações sobre o sistema construtivo Plataforma. Conforme já

apresentado, neste tipo de sistema, as paredes apresentam função estrutural e são formadas por um conjunto de painéis nervurados, constituídos, por montantes de pequena seção e chapa de fechamento que, na fase de uso da edificação, contribui na estabilidade do conjunto. Desta forma, a remoção de parte de uma parede, necessária para viabilizar a ampliação, não pode ser feita sem critérios. Isto pressupõe a definição de dispositivos de ampliação. No caso do sistema Plataforma, o dispositivo de ampliação pode ser um dos painéis, estrategicamente localizado em projeto de forma a conduzir a ampliação, sem perda de estabilidade.

Entretanto, para viabilizar esta operação, é necessário resolver tecnicamente o dispositivo, sob três aspectos: 1) possibilitar a identificação das alternativas de ampliação por parte do usuário; 2) garantir que a substituição seja efetuada sem prejuízos na qualidade do conjunto e; 3) garantir a rapidez da substituição, de modo a não inviabilizar o uso da parte pronta durante a operação. Estes aspectos também precisam ser considerados no desenho dos sub-sistemas Parede e Piso, pois é necessário resolver como se dará a junção de parede e piso existentes com parede e piso a ser ampliados.

Os atributos de simplicidade construtiva e de evolutividade que o sistema construtivo deve apresentar, listados na sequência, serão a base para a avaliação dos sub-sistemas Piso e Parede, que será feita no próximo capítulo.

#### Atributos de simplicidade construtiva

- O sistema construtivo deve estar baseado num módulo básico, definido em função das dimensões dos componentes disponíveis no mercado e das necessidades de projeto.



- Deve ser previsto o máximo de pré-fabricação dos componentes e elementos na indústria deixando para o canteiro as atividades de montagem. Entretanto, a pré-fabricação em indústria deve ser ponderada com as possibilidades de utilização dos componentes e elementos, de forma a não limitar o trabalho no canteiro e a flexibilidade<sup>13</sup> da construção. Assim, os componentes e elementos devem apresentar dimensões e peso adequados ao transporte e montagem. Desta forma, a união de componentes entre si formando elementos maiores, não deve resultar em difícil manuseio e transporte. Além disso, também não deve dificultar ou onerar as etapas na indústria, mas ter uma pré-fabricação simples e menor usinagem.
- Em função da utilização de elementos pré-fabricados, o sub-sistema fundação deve prever o ajuste da estrutura durante a montagem.
- A montagem no canteiro deve ser rápida, segura e organizada num processo sucessivo de tarefas, possibilitando uma melhor organização do tempo e compreensão do processo por parte do construtor. Neste sentido, o sistema construtivo deve ser dividido em sub-sistemas, cada um deles cumprindo uma função específica no conjunto construtivo. É necessário ainda que a mão-de-obra receba treinamento, já que o sistema não é difundido.
- Recomenda-se a utilização de componentes e elementos, incluindo os de base não madeireira, não onerosos e disponíveis no mercado.
- Deve ser prevista uma menor variabilidade de elementos e componentes construtivos, bem como de tipos de ligações.
- As ligações de componentes e elementos entre si e com as demais partes devem ser simples, buscando o máximo de ligações parafusadas e por meio de encaixes feitos na fase de pré-fabricação e o mínimo de elementos metálicos especiais.

---

<sup>13</sup> A flexibilidade da construção aqui é entendida como a possibilidade de arranjos entre componentes e elementos, de modo a não limitar a possibilidade de utilização.

- As ferramentas exigidas para a montagem no canteiro devem ser de fácil manuseio e popularmente conhecidas. A montagem no canteiro também deve minimizar a utilização de andaimes e não deve exigir a utilização de equipamentos especiais, como guias por exemplo.
- O desenho do sistema construtivo deve evitar a deterioração dos materiais. Assim, os detalhes construtivos devem impedir o acúmulo de água e deve-se prever a substituição de componentes afetados por problemas, sem comprometer o uso da edificação.

#### Atributos de evolutividade

- Possibilitar a fácil identificação das alternativas de ampliação por parte do usuário.
- Garantir a qualidade da parte existente nas ações de ampliação, especialmente nas junções.
- Garantir a rapidez e a segurança da ampliação, de modo a não inviabilizar o uso da edificação durante o processo.
- Possibilitar o reaproveitamento de elementos ou componentes por ocasião da ampliação.

## **CAPÍTULO 3**

### **DECOMPOSIÇÃO E AVALIAÇÃO DOS SUB-SISTEMAS**

Neste capítulo o projeto do protótipo Battistella-UFSC será rapidamente apresentado e os sub-sistemas Piso e Parede do sistema Battistella-UFSC serão descritos e avaliados frente aos atributos definidos no capítulo anterior. Para cada sub-sistema será feita inicialmente uma descrição geral, passando-se então para a descrição das partes dos sub-sistemas juntamente com a identificação dos pontos que necessitam ser revistos.

#### **3.1. O PROTÓTIPO BATTISTELLA-UFSC**

O projeto do protótipo Battistella-UFSC, apresentado na Figura 16, atende à construção em etapas prevendo uma ampliação lateral, viabilizada por meio da remoção do painel lateral. Além disto, o protótipo foi erguido como mostra tecnológica de materiais inovadores, com caráter experimental, como é o caso do sub-sistema Piso, onde foram utilizadas vigas “I” e vigas MLC, como será descrito na sequência do capítulo.

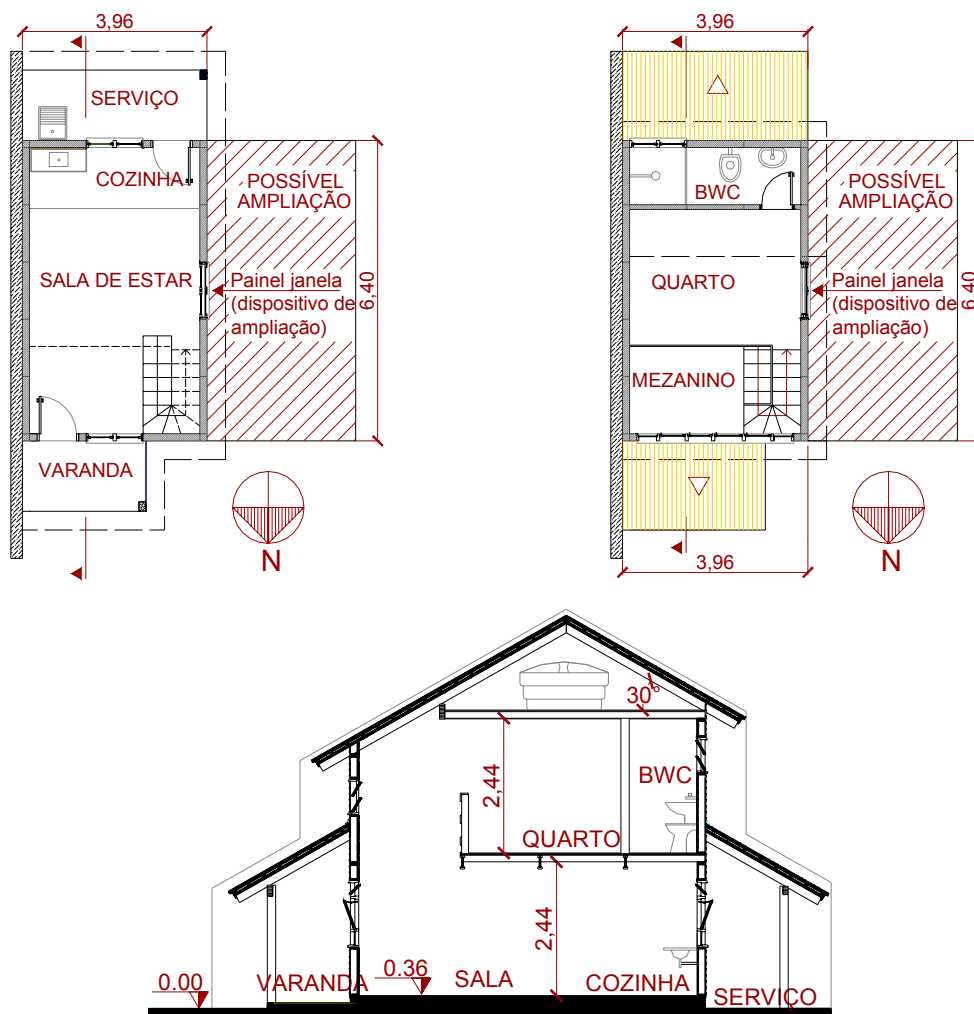


Figura 16: O projeto do protótipo Battistella-UFSC

## 3.2. SUB-SISTEMA PISO

### 3.2.1. Descrição geral

O sub-sistema Piso é estruturado por vigas MLC, vigas “I” e barrotes, unidos entre si por cantoneiras metálicas, como mostram as Figuras 17 e 18. As vigas MLC, utilizadas em caráter experimental, são dispostas no sentido do menor vão e, perpendicularmente a estas, são fixadas as vigas “I”. Na sequência, os barrotes são fixados às vigas “I” através das cantoneiras e também de encaixe.



Figura 17: Estrutura do piso



Figura 18: Ligação entre os componentes do piso

O fechamento é feito por dupla camada de chapas laminadas, que são pregadas aos componentes da estrutura do piso, sendo a primeira camada em um sentido e a segunda no outro. A Figura 19 apresenta o detalhe do sub-sistema Piso.

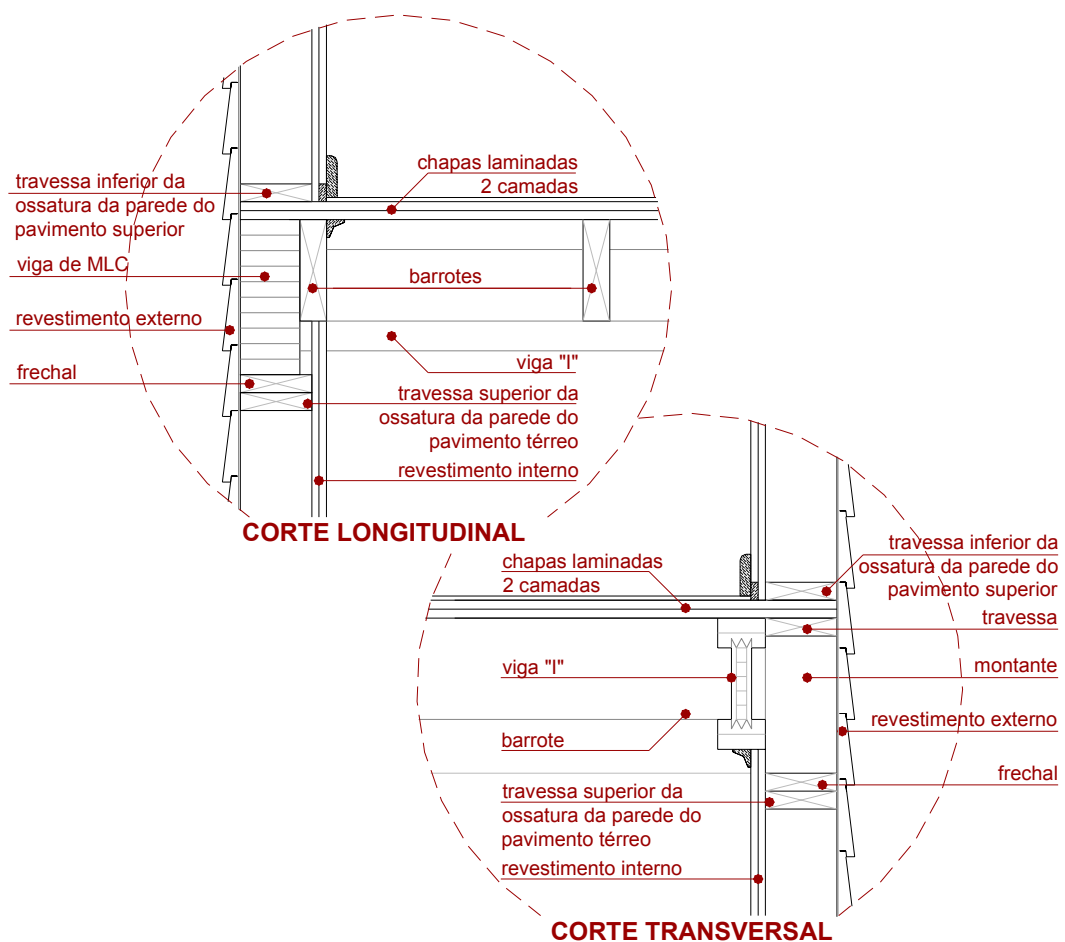


Figura 19: Detalhe do piso

As dimensões e a composição dos componentes utilizados, bem como a forma de ligação entre eles, constam na Tabela 2.

**Tabela 2 – Componentes do sub-sistema Piso**

	COMPONENTE	DIMENSÕES (mm)	CONSTITUIÇÃO	LIGAÇÃO
<b>ESTRUTURA DO PISO</b>	Viga MLC	100 x 260	Lâminas de madeira (tábuas) dispostas entre si paralelamente e unidas por colagem	Viga MLC ao frechal: pregos
	Viga “I”	80 x 220	Mesa: madeira maciça de pinus com emendas de entalhes múltiplos <sup>14</sup> Alma: chapa sarrafeada	Viga “I” à viga MLC: cantoneiras metálicas
	Barrote	45 x 170	Madeira maciça de pinus com emendas de entalhes múltiplos	Barrote à viga “I”: encaixe e cantoneira metálica
	Montante e travessa de fechamento entre os pavimentos	30 x 120	Madeira maciça de pinus com emendas de entalhes múltiplos	Pregos
<b>FECHAMENTO</b>	Chapa de fechamento	15 x 1220 x 2440	Chapa de laminado compensado	Pregos
	Chapa de fechamento com acabamento	15 x 1220 x 2440	Chapa de laminado compensado	Pregos

### 3.2.2. Decomposição e avaliação

#### 3.2.2.1. Estrutura

No protótipo executado, os componentes da estrutura do piso foram dispostos sem seguir uma modulação evidente (Figura 20). Assim, o comprimento dos componentes foi determinado no momento da montagem, sendo que poderiam ter sido cortados em dimensões múltiplas do módulo básico na indústria ou mesmo no

<sup>14</sup> Nos componentes de madeira maciça, os nós são retirados e as partes são unidas através de emendas de entalhes múltiplos, ou *finger join*.

canteiro, antes da montagem. A Figura 21 mostra o corte feito durante a montagem nas extremidades dos barrotes para encaixe nas vigas “I”.

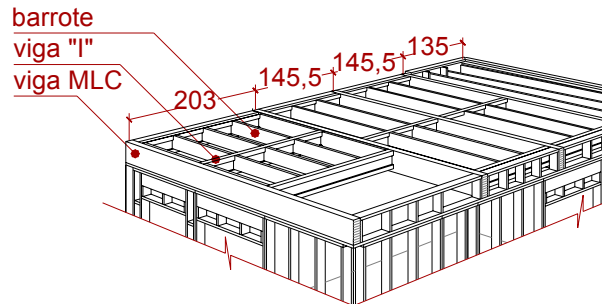


Figura 20: Vãos entre os componentes da estrutura do piso



Figura 21: Recorte dos barrotes para encaixe nas vigas “I”

As vigas “I” não foram posicionadas no alinhamento das paredes, e sim adjacentes a estas (Figura 22). Desta forma, foi necessário executar um suporte especial nas paredes longitudinais, entre as vigas MLC, apresentado na Figura 23. O fechamento foi feito com montantes e travessas cortados durante a montagem. Entretanto, caso as vigas fossem posicionadas no alinhamento das paredes, haveria ainda um problema de nivelamento, já que as vigas MLC e as vigas “I” apresentam alturas diferentes.



Figura 22: Vigas “I” não alinhadas com a parede



Figura 23: Fechamento especial feito durante a montagem

As vigas MLC, empregadas devido ao contexto experimental do protótipo, são desnecessárias para os vãos em questão, sendo que poderiam ter sido utilizadas apenas vigas “I” e barrotes, reduzindo a variabilidade. Além disso, a técnica de MLC requer insumos onerosos em sua confecção como cola e prensa e as vigas MLC são mais pesadas em relação às vigas “I”, o que dificulta a montagem. Também as cantoneiras metálicas são onerosas e não são popularmente conhecidas.

Para o piso do banheiro, localizado no pavimento superior, foi adotada uma solução diferenciada a fim de garantir a estanqueidade. A estrutura é composta por barrotes maciços, dispostos no sentido longitudinal e apoiados nas paredes (Figura 24). Os barrotes foram inclinados para permitir o escoamento da água em direção ao box, o que foi conseguido através de calços colocados sobre uma das paredes de apoio, conforme indicado na Figura 25. No alinhamento da parede, a diferença de altura entre os barrotes e os demais componentes do piso foi compensada por um componente de 3x12cm, como mostrou a Figura 25. No box, a parte superior da estrutura foi rebaixada para receber uma base pré-moldada, que será descrita na seqüência.



Figura 24: A estrutura do piso do banheiro



Figura 25: Ajustes feitos no apoio da estrutura do piso do banheiro sobre a parede



### 3.2.2.2. Fechamento

Os problemas identificados no fechamento do piso são decorrentes da desconsideração da modulação na estrutura, que acarretou em cortes nas chapas, e da variabilidade dos componentes. Neste caso, a utilização de componentes com alturas diferentes na estrutura dificulta a fixação de chapas sob a estrutura do entrepiso, conformando um forro, para, por exemplo, esconder tubulação de instalações. Como as chapas necessitam ser pregadas nos dois sentidos, apenas as vigas MLC não são suficientes como base para pregação, sendo necessário acrescentar outro componente, alinhado com a face inferior destas vigas.

Para o fechamento do piso do banheiro, foi utilizada placa cimentícia sobre chapa laminada de madeira. As juntas foram calafetadas com cola de base cimentícia e reforço de tela de fibra de vidro. Para o box foi feita uma base pré-moldada de argamassa reforçada com fibra de vidro (Figura 26) garantindo estanqueidade. Tais soluções, entretanto, são onerosas e utilizam materiais não convencionais. A partir do momento que tais soluções estejam em oferta regular no mercado, pode-se considerar que o custo final será reduzido. Abaixo do banheiro, chapas laminadas cumprem o papel de forro.



Figura 26: Base pré-moldada do box e placa cimentícia

### 3.2.3. Avaliação geral

A diversidade dimensional de componentes utilizados na estrutura do piso e a desconsideração da modulação foram os fatores que aumentaram o número de tarefas durante a montagem do sub-sistema, contribuindo para o baixo nível de pré-fabricação.

A utilização de componentes de alturas diferentes aumentou o número de tarefas e ajustes durante a montagem, como foi o caso do fechamento executado sobre as paredes longitudinais. A estrutura pode ser simplificada, utilizando-se vigas de igual altura e também reduzindo a seção dos barrote. Desta forma, as ligações tornam-se mais simples e a variabilidade dimensional é reduzida.

A aplicação da modulação, além de reduzir perda de tempo e material no recorte das chapas de fechamento, torna possível que vigas e vigotas tenham o comprimento cortado na indústria, agilizando o posicionamento destes componentes.

Na estrutura do piso do banheiro, não foram utilizados os mesmos componentes utilizados nas demais partes do piso, tornando necessário utilizar calços ajustando as diferenças de altura. Deve-se buscar uma solução que utilize os mesmos componentes da estrutura do piso, como forma de reduzir a variabilidade e permitir a aplicação da mesma modulação em todo piso. Pode-se também buscar soluções mais simples para o fechamento do piso do banheiro.

No caso de uma ampliação, o sub-sistema Piso, tal como se apresenta, impede que uma nova estrutura de piso seja adicionada à existente, sem a execução de uma nova fundação adjacente, para o caso de piso térreo, ou uma nova parede adjacente, para o caso do entrepiso.

### 3.3. SUB-SISTEMA PAREDE

#### 3.3.1. Descrição geral

O sub-sistema Parede possui função estrutural e de vedação. É estruturado por componentes de madeira maciça com seção de 3 x 12cm, unidos entre si formando painéis nas dimensões das chapas de fechamento interno, isto é, 122 x 244cm. Estas, na fase de uso da edificação, contribuem para o contraventamento do sub-sistema. Os painéis são fixados a estruturas de concreto por guias de ancoragem, também com seção de 3 x 12cm, e ao piso de madeira diretamente sobre as chapas de fechamento. Sobre os painéis é pregado o frechal, peça contínua de madeira que completa a estabilidade do conjunto. O fechamento externo é feito através de manta isolante e tábuas dispostas horizontalmente (*siding*).

A Figura 27 apresenta o sub-sistema Parede. Os detalhes indicados na Figura serão aprofundados no decorrer do texto. As dimensões e a composição dos componentes, bem como a forma de ligação entre eles, estão indicadas na Tabela 3.

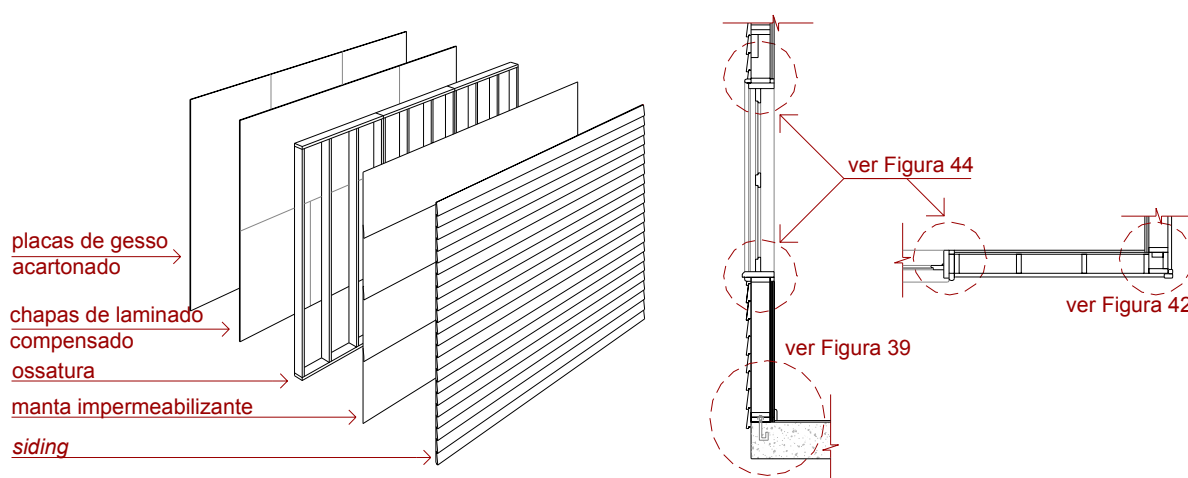


Figura 27: O sub-sistema Parede

Tabela 3 – Elementos e componentes do sub-sistema Parede - painel

	COMPONENTE	DIMENSÕES (mm)	MATERIAL	LIGAÇÃO
OSSATURA	Montante e travessa	30 x 120	Madeira maciça de pinus com emendas de entalhes múltiplos	Pregos
	Montante e travessa – divisórias internas	30 x 70		
	Verga	45 x 145		
	Montante de canto, frechal, guia de ancoragem	30 x 120 x 3700		
REVESTIMENTO INTERNO	Chapa de vedação interna	12 x 1220 2440	Chapa de laminado compensado	Pregos
	Acabamento da vedação interna	12 x 1200 x 1400	Placa de gesso acartonado	Parafusos
	Ripa de apoio para placa de gesso acartonado	12 x 30 x 2440	Laminado compensado (refugo das chapas)	Pregos
	Acabamento interno nas áreas molháveis	-	Revestimento cerâmico	Cola polimérica
REVESTIMENTO EXTERNO	Manta impermeabilizante e de isolamento térmico	Espessura = 1 mm	Polietileno expandido com uma face aluminizada	Grampos
	Tábuas tipo <i>siding</i>	25 x 120 x 6400	Tábuas reconstituídas a partir de pequenas ripas de madeira	Pregos e cola entre as tábuas
	Acabamento de canto do <i>siding</i>	27 x 27 x 3200 27 x 54 x 3200	Madeira maciça de pinus com emendas de entalhes múltiplos	Pregos

### 3.3.2. Decomposição e avaliação

#### 3.3.2.1. Ossatura

Existem três tipos de painéis: cego, porta e janela, apresentados na Figura 28. O primeiro tipo é formado por dois montantes verticais externos e dois internos, uma travessa horizontal superior e uma inferior. Já nos painéis do tipo porta e janela, os montantes internos são interrompidos por travessas onde será fixada a esquadria. A parte superior destes painéis é reforçada por uma verga (Figura 29).

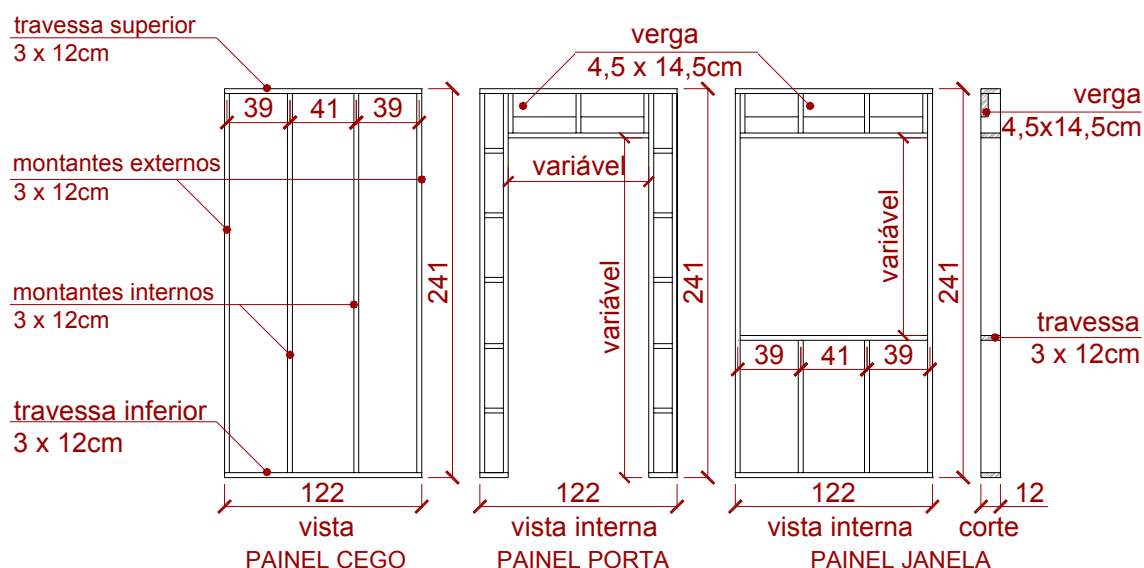


Figura 28: Os painéis do sub-sistema Parede



Figura 29: Verga na parte superior do painel porta

Os painéis cegos chegaram no canteiro sem os montantes internos e sem a chapa de fechamento, que foram colocados apenas após toda a ossatura da edificação estar concluída (Figura 30), sendo que poderiam chegar completos da indústria. Assim, foram necessárias muitas escoras (Figura 31), já que os painéis incompletos não oferecem a rigidez que proporcionariam se já estivessem prontos antes da montagem. Além disso, este fato não contribui para a realização sucessiva de tarefas, que possibilitaria uma melhor organização do tempo e compreensão do processo por parte do construtor.



Figura 30: Painéis cegos sem os montantes internos



Figura 31: Utilização de muitas escoras

Como as chapas são utilizadas na face interna das paredes, os painéis de canto são afastados, sendo este ponto reforçado com montantes, de forma a manter as dimensões internas das paredes múltiplas do módulo básico (Figura 32).

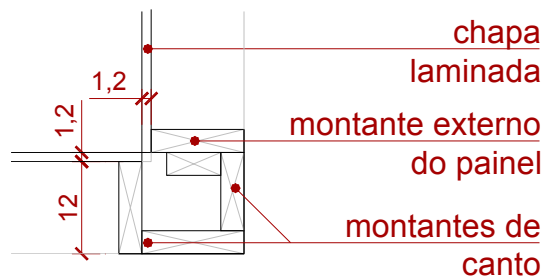


Figura 32: A ossatura no canto das paredes

Entretanto, aqui também a modulação não foi seguida, sendo inserido o meio-módulo, isto é, painéis nas dimensões de 61 x 244cm, destacados na Figura 33. Devido a isto, e também à falta de precisão, o afastamento entre os painéis de canto mostrou-se variável (Figura 34), servindo para absorver ajustes. Assim, os montantes utilizados para fechar o canto das paredes precisam ter seção diferente da seção dos demais componentes de madeira maciça dos painéis, aumentando a variabilidade de componentes e exigindo que sejam cortados durante a montagem.



Figura 33: Utilização de meio-módulo



Figura 34: Afastamento variável entre os painéis de canto

Com exceção das vergas dos painéis porta e janela e dos montantes que constituem o canto das paredes, todos os componentes de madeira maciça do sub-sistema apresentam a mesma seção. Embora tecnicamente a verga não seja essencial para o bom desempenho estrutural, já que o vão vencido é muito pequeno e a peça de frechal é suficiente para suportar as cargas existentes, faz parte de um componente pré-fabricado na indústria, não interferindo na montagem no canteiro.

Para a passagem de tubulação de instalações elétricas e/ou hidráulicas, a ossatura é recortada. Entretanto, no protótipo, os recortes foram feitos sem um controle dimensional (Figura 35), o que pode prejudicar o desempenho estrutural do conjunto.



Figura 35: Recortes feitos para passagem de instalações



### 3.3.2.2. Revestimento interno

A falta de modulação da ossatura dos painéis impediu que as chapas de revestimento interno fossem usadas na vertical, sobre os painéis. Estas foram então usadas horizontalmente e com cortes, conforme aponta a Figura 36. Além de acarretar em perda de tempo e material, isto dificulta a remoção de um dos painéis para inserção de um painel porta, no caso de uma ampliação, pois torna necessário o corte das chapas e dificulta a identificação da parte a ser removida pelo usuário.



Figura 36: Chapas laminadas dispostas horizontalmente

Como acabamento, placas de gesso acartonado são parafusadas sobre as chapas de madeira (Figura 37). No caso de ambientes úmidos, como cozinha e banheiro, é utilizado revestimento cerâmico, aplicado sobre as chapas através de adesivo do tipo polimérico, como mostra a Figura 38.



Figura 37: Placas de gesso acartonado



Figura 38: Aplicação de revestimento cerâmico sobre as chapas laminadas



Para evitar o contato das placas de gesso acartonado com a umidade do piso, são utilizadas pequenas ripas de madeira como apoio para as placas, geralmente feitas em obra a partir de reaproveitamento de material (refugo das chapas laminadas), indicados na Figura 39. Entretanto, isto não impede o contato da placa de gesso com a umidade, já que a madeira é higroscópica. A placa deve ficar afastada do piso.

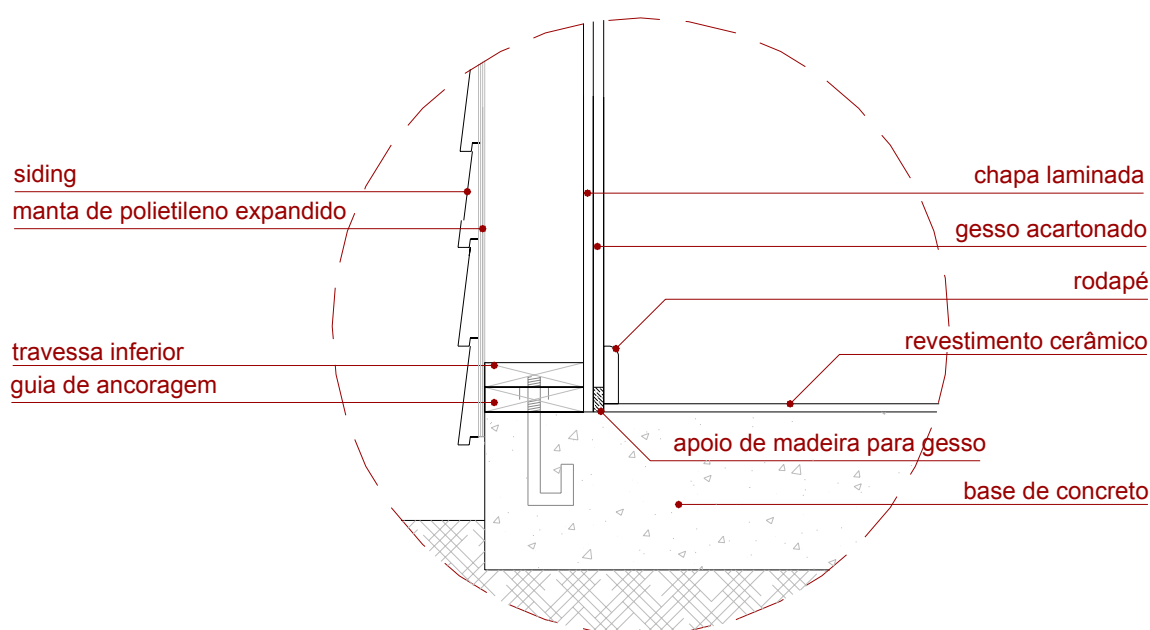


Figura 39: Junção da parede com o piso

A Figura 39 mostrou também as chapas laminadas alinhadas com a face inferior das guias de ancoragem e não dos painéis, o que dificulta ainda mais a remoção de parte da parede para efetuar uma ampliação. A indicação do painel removível deve estar clara também no acabamento interno das paredes, isto é, nas placas de gesso acartonado.

### 3.3.2.3. Revestimento externo

Exteriormente, a manta<sup>15</sup> é grampeada aos montantes, em faixas dispostas horizontalmente, com sobreposição de aproximadamente 7cm. O siding é pregado aos montantes, sobre a manta, e entre as tábuas é utilizada cola, com a função de calafetar a junta, o que é feito em conjunto com a pingadeira da parte inferior da seção da tábua (Figuras 40 e 41).



Figura 40: Fixação das tábuas de siding

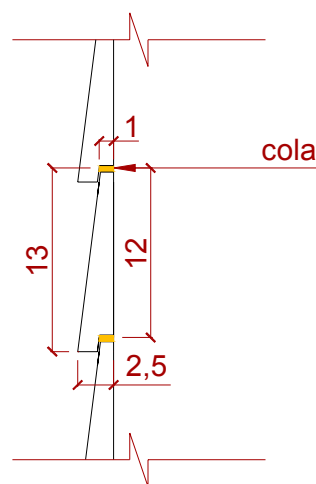


Figura 41: Seção da tábua de siding

A Figura 42 apresenta o detalhe em planta do revestimento externo no canto das paredes, o qual é contornado pela manta isolante. Já o siding é interrompido por duas peças verticais, o acabamento de canto. Entretanto, a forma como o siding encontra o acabamento de canto, de topo, como mostra a Figura 43, não impede a entrada de umidade no topo da tábua, devendo este ponto ser revisto. Caso seja necessário, o espaço entre o revestimento interno e o externo pode ser preenchido com material isolante, melhorando o isolamento térmico.

<sup>15</sup> Manta de polietileno expandido com uma face aluminizada, usada para impermeabilizar e isolar termicamente

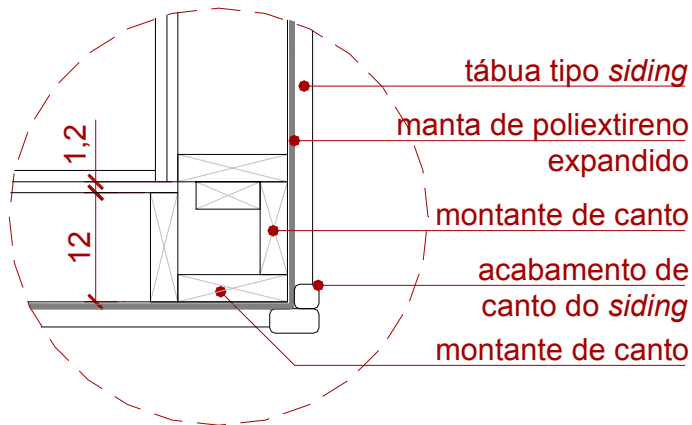


Figura 42: O canto das paredes



Figura 43: Junção entre siding e acabamento de canto

Na junção do revestimento externo com as esquadrias, tanto em corte como em planta baixa, a manta é dobrada, conforme indicado na Figura 44, teoricamente para prevenir a infiltração de água.

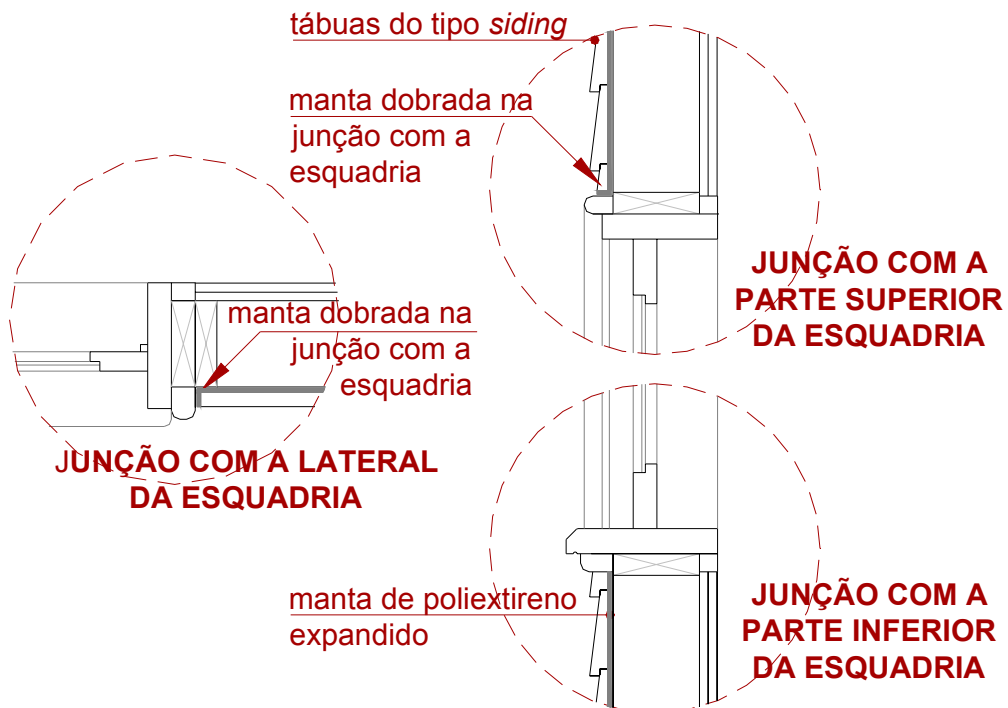


Figura 44: Detalhe da junção do revestimento externo com a esquadria

### **3.3.3. Avaliação geral**

Neste sub-sistema, os principais fatores que prejudicaram os trabalhos no canteiro foram a desconsideração da modulação e o baixo nível de pré-fabricação. Os painéis precisam seguir a modulação imposta pelas dimensões das chapas e devem chegar completos ao canteiro. As chapas devem ser pregadas ao painel antes da execução do piso ou telhado, ou até mesmo antes do içamento e montagem, contribuindo para a realização sucessiva de tarefas.

Quanto à evolutividade, além do painel removível, é necessário resolver a junção entre parede existente e parede nova.

## CAPÍTULO 4

### REVISÃO DOS SUB-SISTEMAS

#### 4.1. SUB-SISTEMA PISO

A proposta de revisão do sub-sistema Piso se baseia na adoção do módulo básico e na redução da variabilidade dimensional dos componentes. Para a estrutura do piso, propõe-se a utilização das vigas “I”, ou vigas MLC de igual altura, dispostas a cada 81,4cm, isto é,  $1/3$  do comprimento das chapas, no sentido do menor vão. Como travamento e também para servir como base para a pregação das chapas, deve-se utilizar vigotas dispostas a cada 61cm, fixadas nas mesas das vigas “I”. A seção das vigotas pode ser de 8 x 5cm, isto é, a mesma seção da mesa das vigas “I”. No caso da utilização de chapas sob a estrutura, conformando um forro, as vigotas devem ser fixadas também nas mesas inferiores das vigas. No alinhamento das paredes longitudinais, o fechamento do piso é feito igualmente com vigas “I”. Todas as ligações podem ser pregadas ou parafusadas. A Figura 45 apresenta a proposta para o sub-sistema Piso.

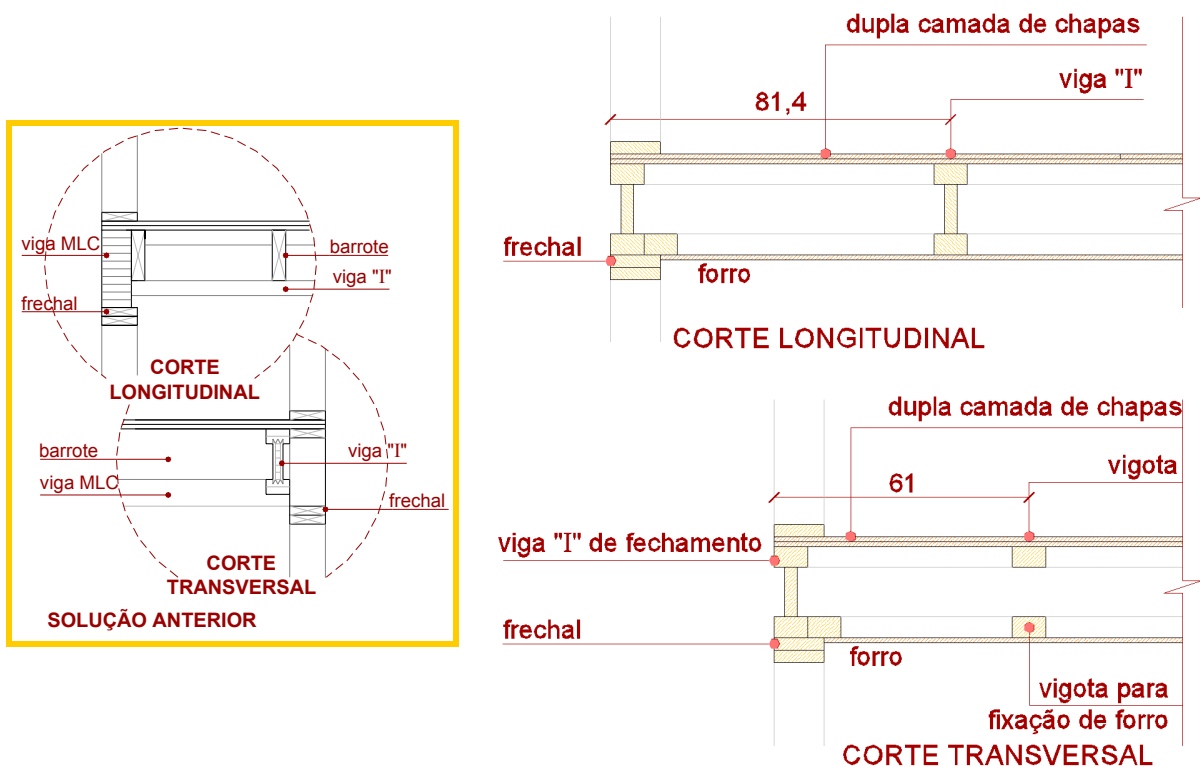


Figura 45: Cortes longitudinal e transversal do piso

Com relação ao fechamento do piso, propõe-se a utilização de chapas de 12 mm, em substituição às aquelas de 15 mm, tal como são utilizadas na vedação interna das paredes, reduzindo a variabilidade dimensional dos componentes. Deve-se manter a utilização das chapas em duas camadas com sentidos opostos e com juntas desencontradas.

Para pisos de áreas úmidas, mas que não necessitem de rebaixo, deve-se utilizar uma manta de impermeabilização entre as chapas de fechamento e o revestimento. No encontro das chapas de fechamento do piso com as paredes, os cantos devem ser arredondados com massa epóxi, evitando o rompimento da manta. Esta solução permite a passagem de tubulação entre o fechamento do piso e o forro (Figura 46).

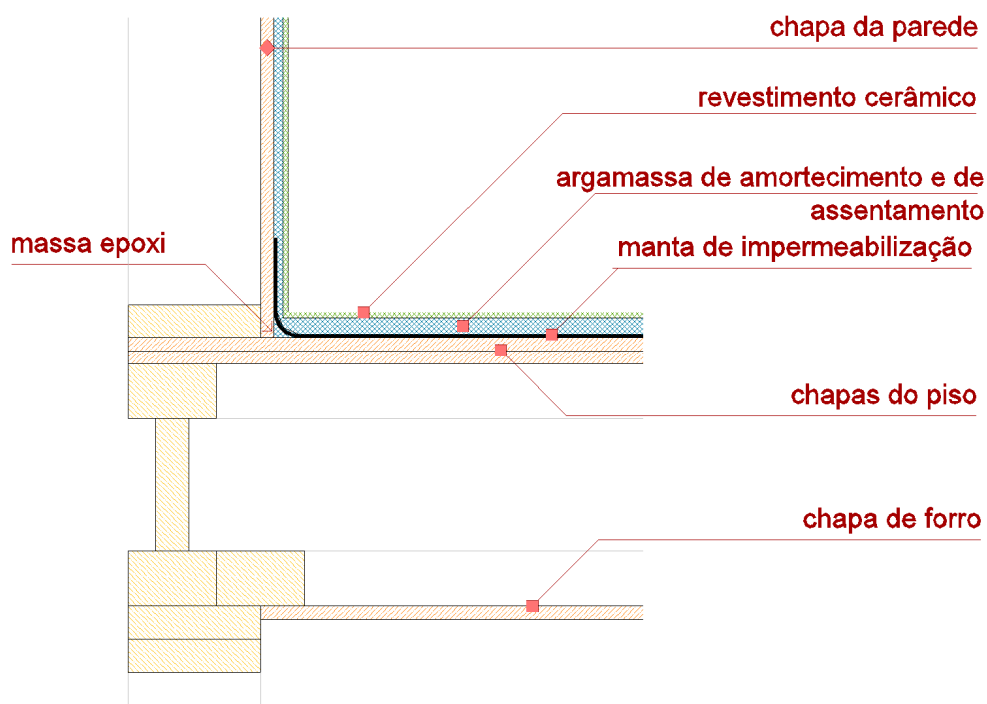


Figura 46: Detalhe do piso em áreas úmidas

Nas partes do piso que necessitem de escoamento de água, como, por exemplo, no box do banheiro, além da impermeabilização, a estrutura deve ser rebaixada e inclinada. As Figuras 47 e 48 ilustram dois casos de pisos rebaixados, com seus respectivos detalhes. A inclinação pode ser conseguida através da compensação da estrutura do piso. A fim de não aumentar a variabilidade, a solução buscou utilizar componentes já presentes nos sub-sistemas, que são as vigotas e os componentes de seção de 3 x 12cm.

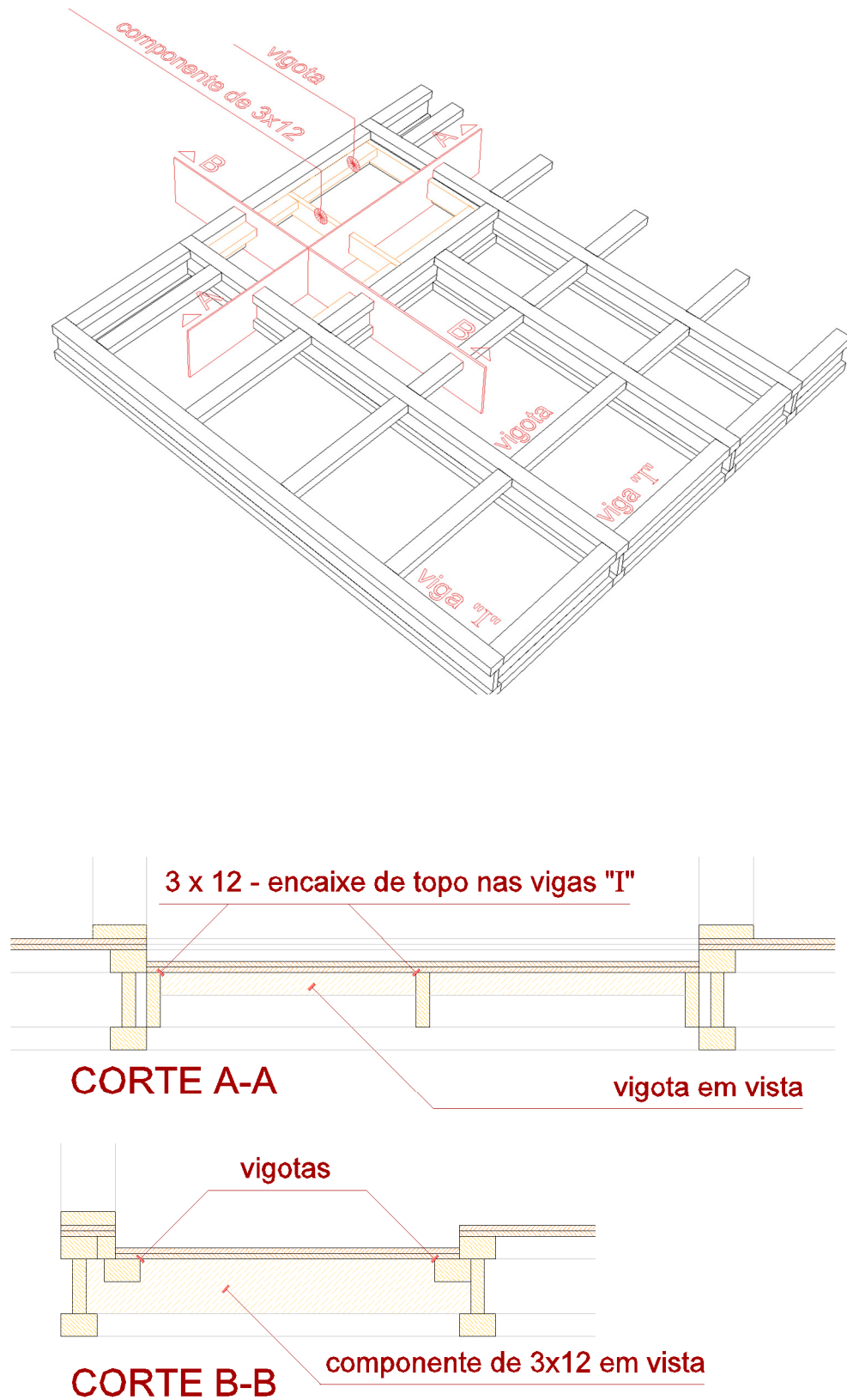


Figura 47: Rebaixamento do piso de um box



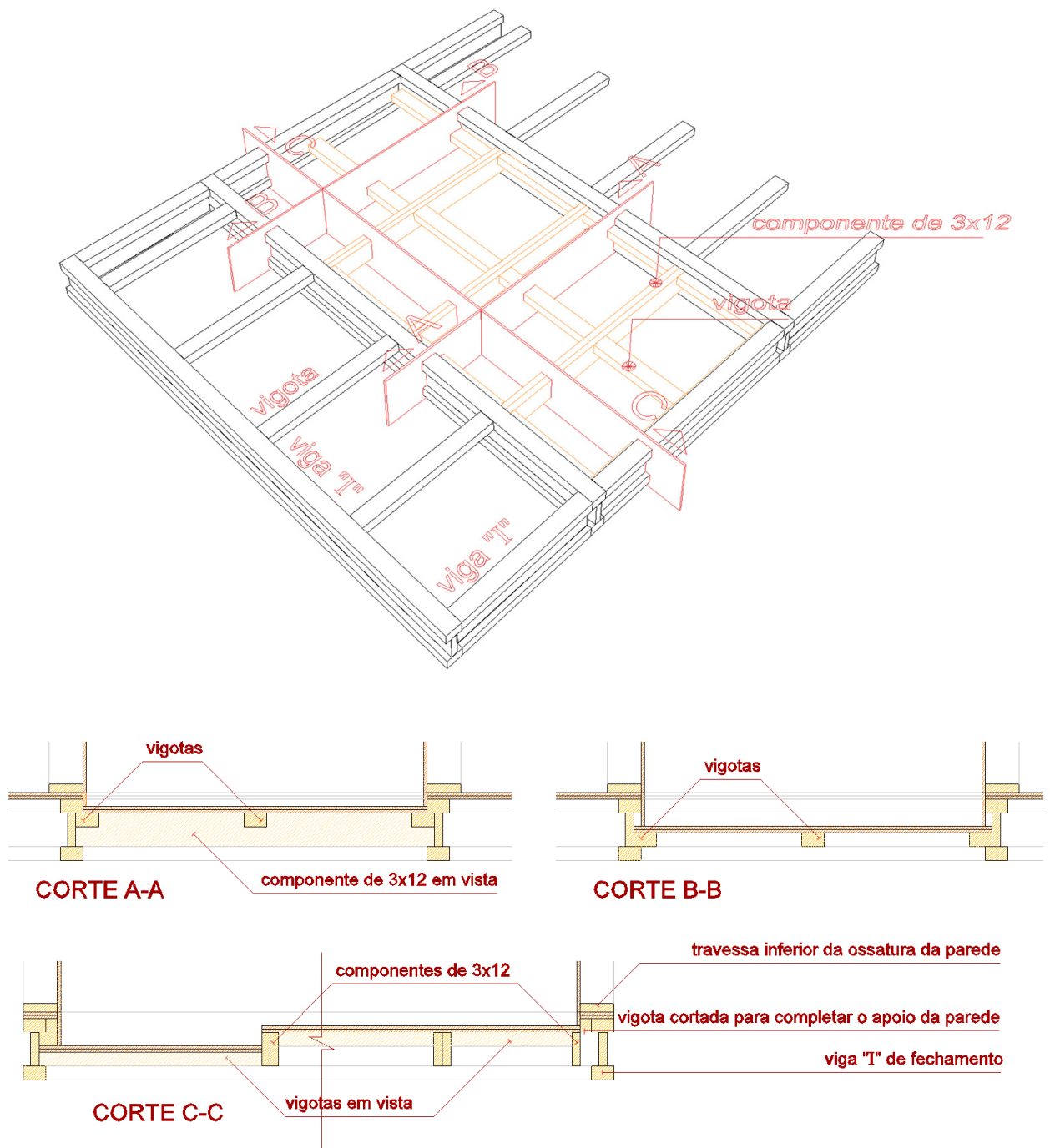


Figura 48: Rebaixamento do piso de um banheiro

## 4.2. SUB-SISTEMA PAREDE

Para o sub-sistema Parede as propostas visam o rigor da modulação e um mais alto nível de pré-fabricação. Propõe-se que as chapas sejam utilizadas verticalmente, sobre os painéis. Além de minimizar recortes, torna possível a remoção de um painel para substituição, no caso de manutenção ou ampliações, o que será aprofundado no decorrer do capítulo.

Os painéis de canto devem ser distanciados em função da espessura das chapas. Entretanto, desta forma não se elimina a necessidade de componentes com dimensões fora do padrão (3x12cm) no fechamento nos cantos das paredes. Recomenda-se que o fechamento seja pré-fabricado na indústria, onde é possível produzir componentes com 13,2cm de largura, com a precisão necessária. A Figura 49 apresenta o elemento proposto, que, no canteiro, pode também auxiliar no posicionamento dos painéis de canto, funcionando como um espaçador.

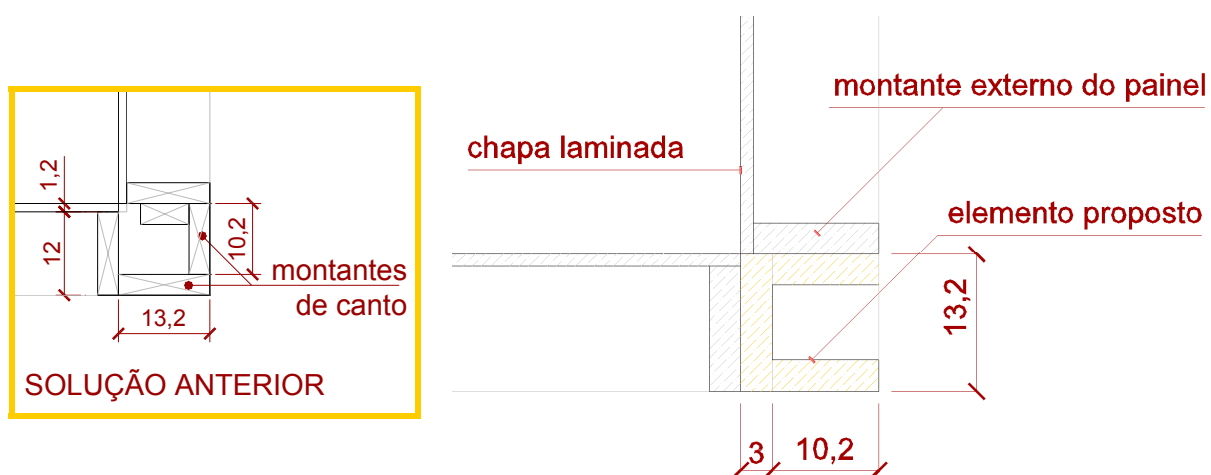


Figura 49: Elemento pré-fabricado para fechar o canto dos painéis

No canto das paredes, propõe-se a utilização de uma peça única como acabamento do siding. Para proteger o topo do siding contra a umidade, pode-se utilizar o mesmo acabamento aplicado na superfície, o stain. Além disso, é recomendada a aplicação de material elástico para vedar as juntas, conforme indicado na Figura 50.

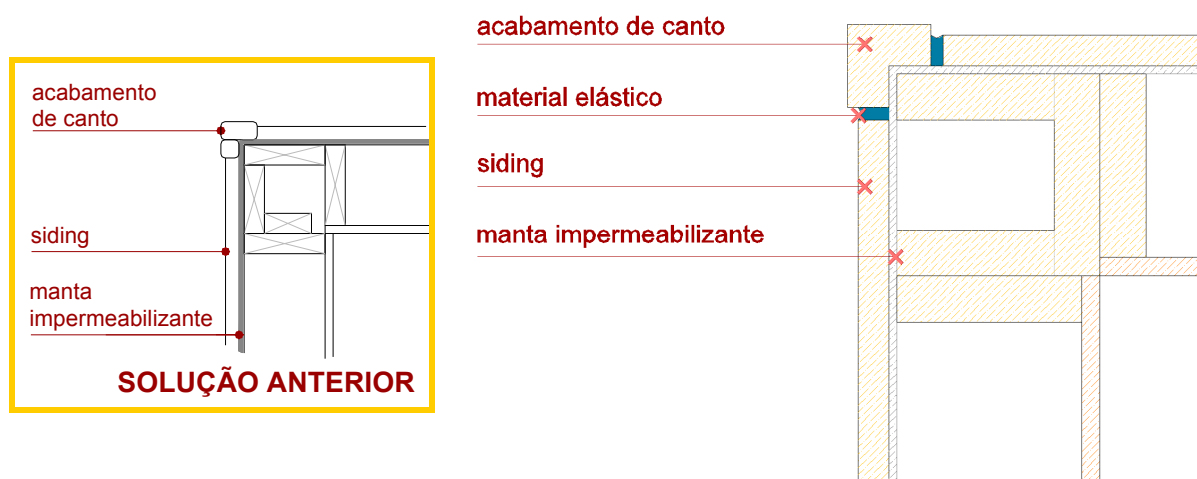


Figura 50: Junção do siding com o acabamento de canto

O recorte dos componentes para passagem de tubulação deve ser limitado, conforme apresentado na Figura 51, feita a partir de CONSTRUCTION DE MAISON OSSATURE BOIS – CANADÁ (1997).

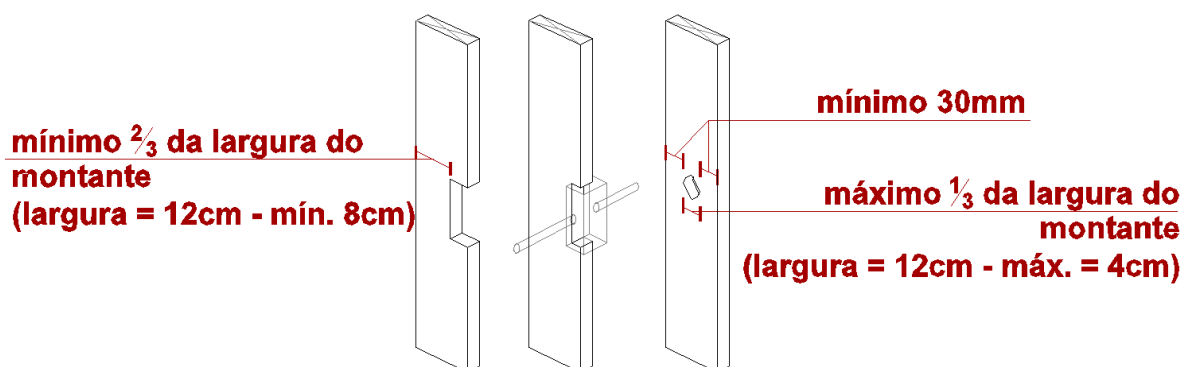


Figura 51: Dimensões máximas de recortes para passagem de tubulação

### 4.3. A MODULAÇÃO ENTRE OS SUB-SISTEMAS

Devido ao afastamento entre os painéis dos cantos das paredes, para que as vigas fiquem alinhadas com os montantes, é necessário que nas extremidades da edificação as chapas do piso sejam cortadas, como mostra a Figura 52.

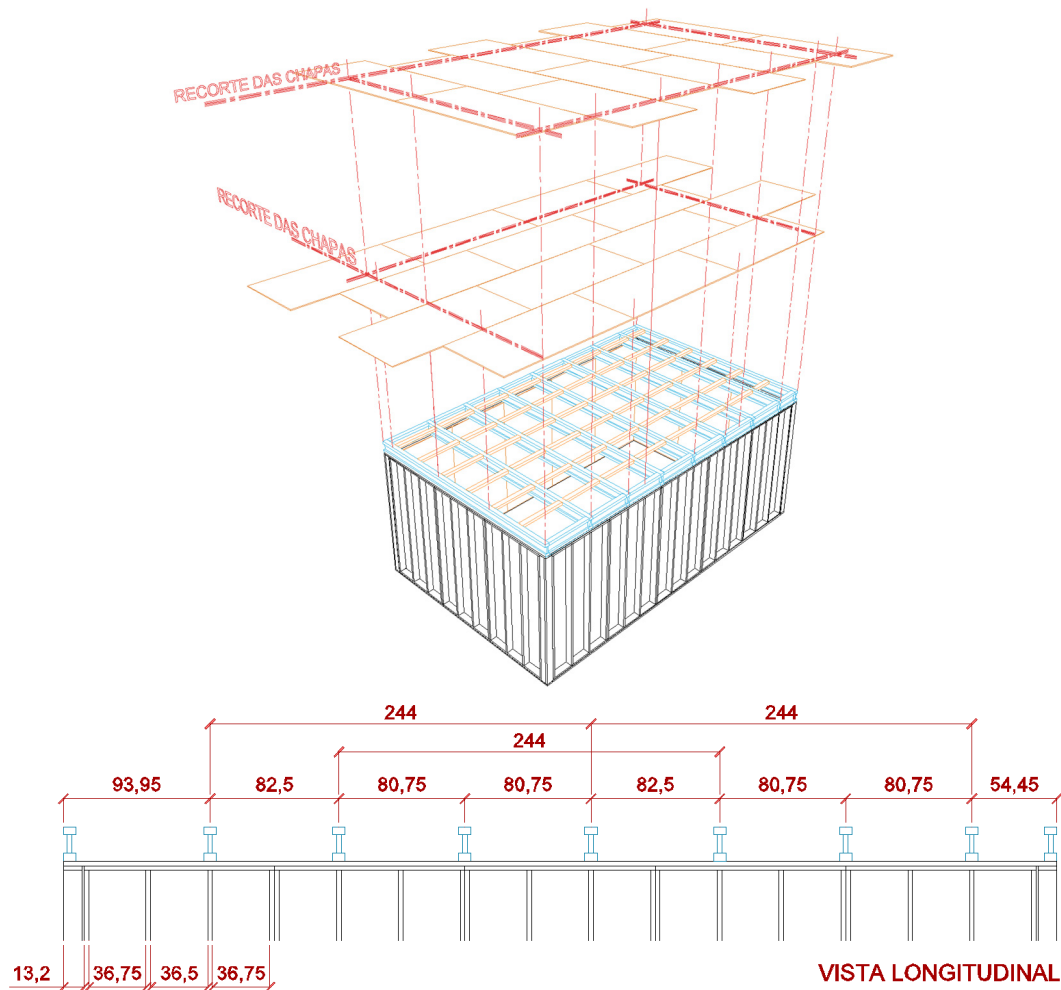


Figura 52: Vigas e montantes alinhados / recorte das chapas no perímetro da edificação

Entretanto, como o vão entre os montantes é pequeno, as vigas podem ser posicionadas em função das dimensões das chapas, reduzindo recortes, conforme indica a Figura 53. Isto contribui também para aumentar a independência entre os sub-sistemas, pois erros na modulação das paredes não acarretariam em erros na modulação do piso.

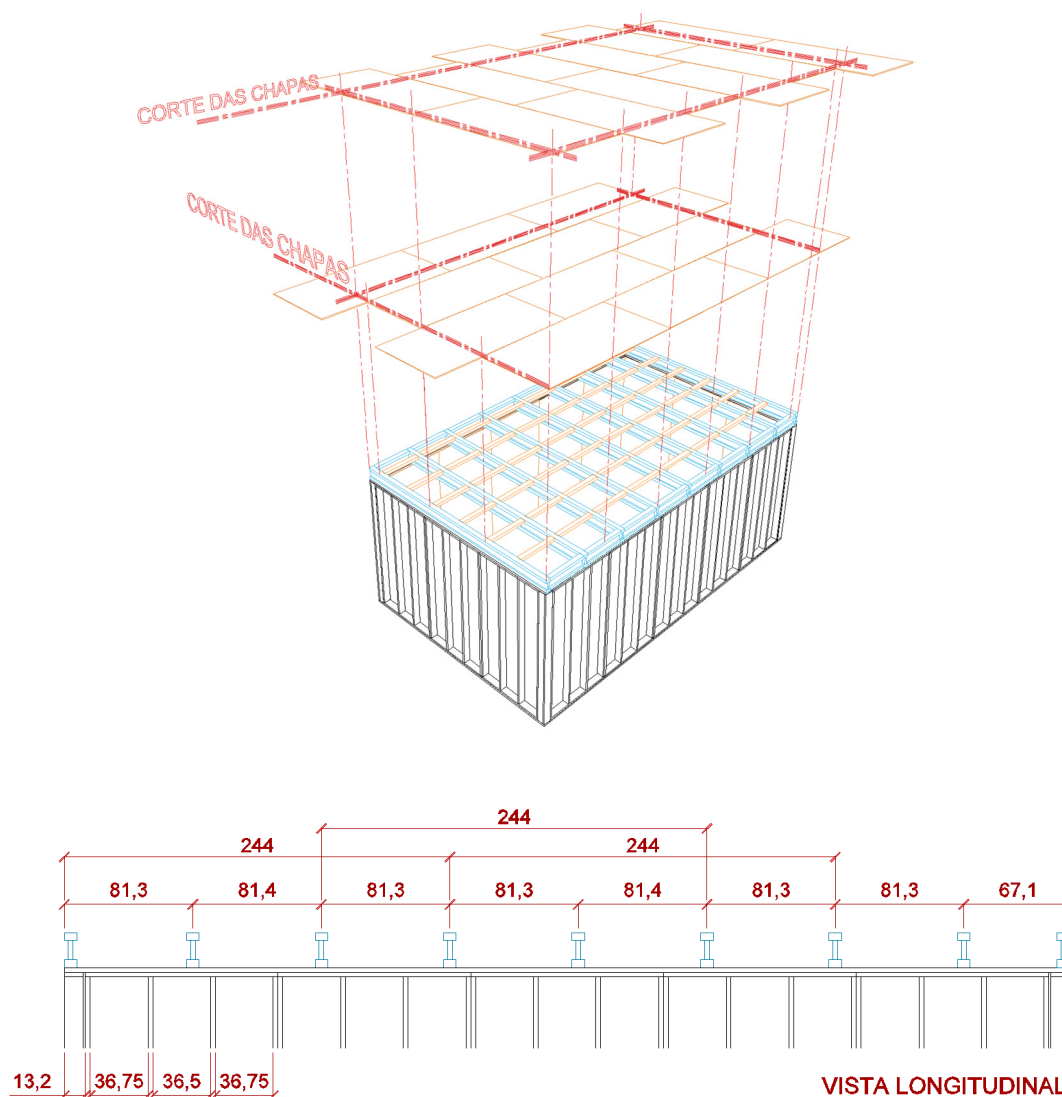


Figura 53: Modulação independente entre os sub-sistemas

Na execução de entrepisos, os montantes das paredes podem orientar o posicionamento das vigas, ficando estes componentes alinhados. Já para pisos térreos, recomenda-se o posicionamento das vigas em função das dimensões das chapas, independente da modulação do sub-sistema parede. Nos dois casos, as vigotas e as vigas “I” do fechamento devem ser posicionadas em função das dimensões das chapas, a cada 61cm, como já citado.

#### 4.4. EVOLUTIVIDADE

As Figuras 54 e 55 apresentam quatro casos diferentes de junção entre parte existente e parte nova. Com relação ao sub-sistema Piso, a junção se dá de forma simples nos exemplos apresentados na Figura 54, pois as novas vigas são apoiadas nas novas paredes ou fundações.

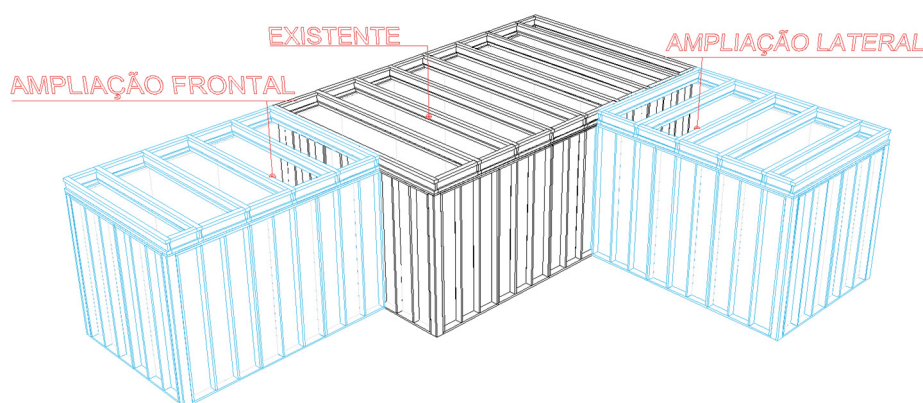


Figura 54: Ampliação frontal com as vigas da parte existente e parte nova paralelas entre si;  
Ampliação lateral com as vigas da parte nova e existente perpendiculares entre si.

Na ampliação frontal indicada na Figura 55, a disposição das vigas no sentido do menor vão, conforme proposto anteriormente, exigiria uma ligação de topo entre estas e a viga de borda existente, sobrecarregando este componente. Assim, é preferível manter as vigas no sentido do maior vão, conforme ilustrado na figura. No caso de vãos maiores, para os quais as vigas não apresentem comprimento suficiente, sugere-se a adição de uma parede adjacente à existente para dar suporte às vigas, dispostas, então, no sentido do menor vão.

Na ampliação lateral da Figura 55, é necessário apoiar as vigas da ampliação na parede existente. A Figura 56 amplia o detalhe desta junção.

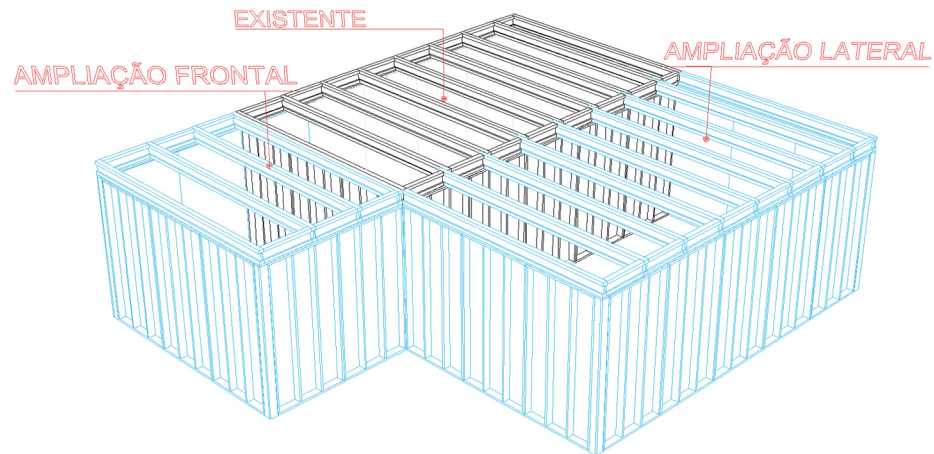


Figura 55: Ampliação frontal com as vigas da parte existente e parte nova paralelas entre si; Ampliação lateral à parte existente com as vigas da parte nova e existente paralelas entre si.

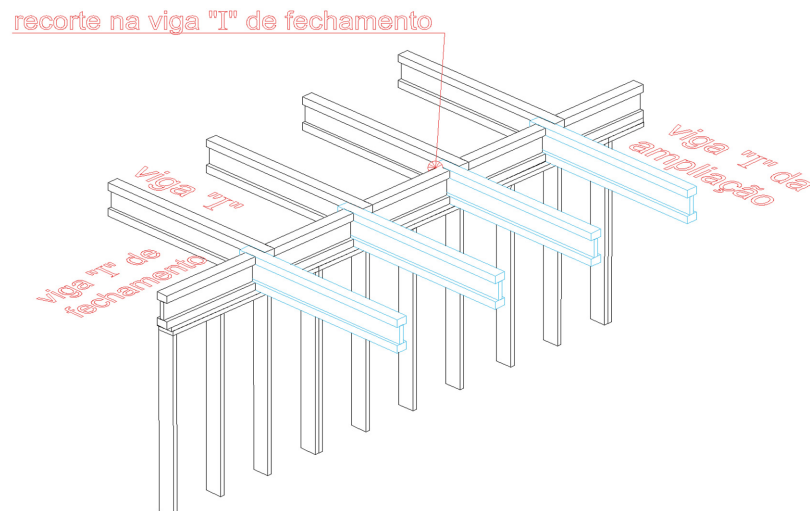


Figura 56: Detalhe da junção entre piso existente e piso novo

Para viabilizar a ampliação da estrutura do piso, propõe-se que o revestimento externo da parede sobre o perímetro do piso, seja substituído por um componente removível de madeira, conforme apresenta a Figura 57, fixado através de parafusos. Tal componente, além de facilitar a visualização da parte a ser removida, evita que o revestimento externo seja danificado no momento da ampliação.



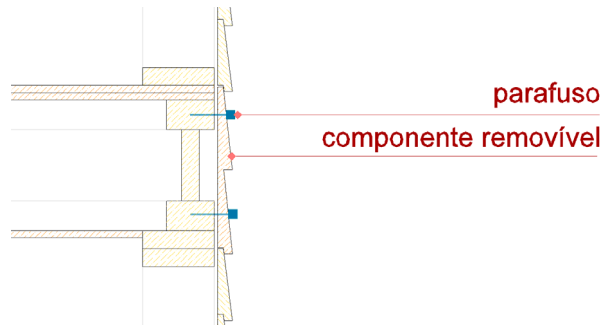


Figura 57: Componente proposto como revestimento externo do piso

A Figura 58 apresenta soluções para as junções entre parede existente e nova. Sugere-se que o siding das paredes existentes, nas partes adjacentes a ampliações, não seja substituído por chapas laminadas e placas de gesso acartonado. Além de aumentar custos e o trabalho no canteiro, o siding não poderia ser reaproveitado, já que a fixação se faz por meio de pregos.

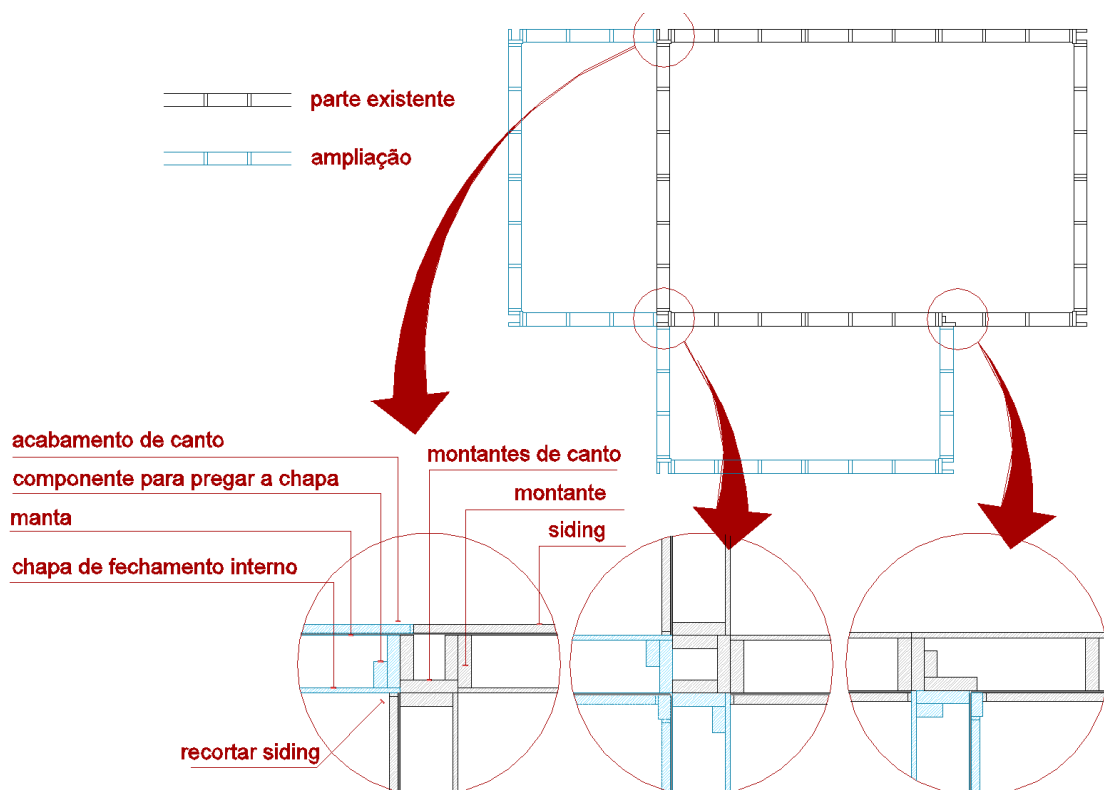


Figura 58: Detalhes de junção entre parede existente e parede nova



No caso do painel removível, a junção deste com os painéis adjacentes deve ser feita através de parafusos, de modo a facilitar a remoção do painel e permitir que seja reutilizado. Conforme já citado, a utilização da chapa de fechamento interno verticalmente possibilita a visualização da parte a ser removida e evita recortes. É necessário ainda que o acabamento interno e o revestimento externo sejam interrompidos sobre as extremidades do painel. Para vedar a junção do siding cortado recomenda-se a utilização de material elástico. Propõe-se que o revestimento interno seja fixado à ossatura por meio de um componente de madeira removível. Assim, com a retirada deste componente, o revestimento interno é removido. Além disso, o componente funciona como uma vista, fazendo o acabamento sobre os cortes, e indica a parte a ser removida. Com o revestimento interno retirado, é possível fazer a substituição do painel. A Figura 59 apresenta a solução descrita.

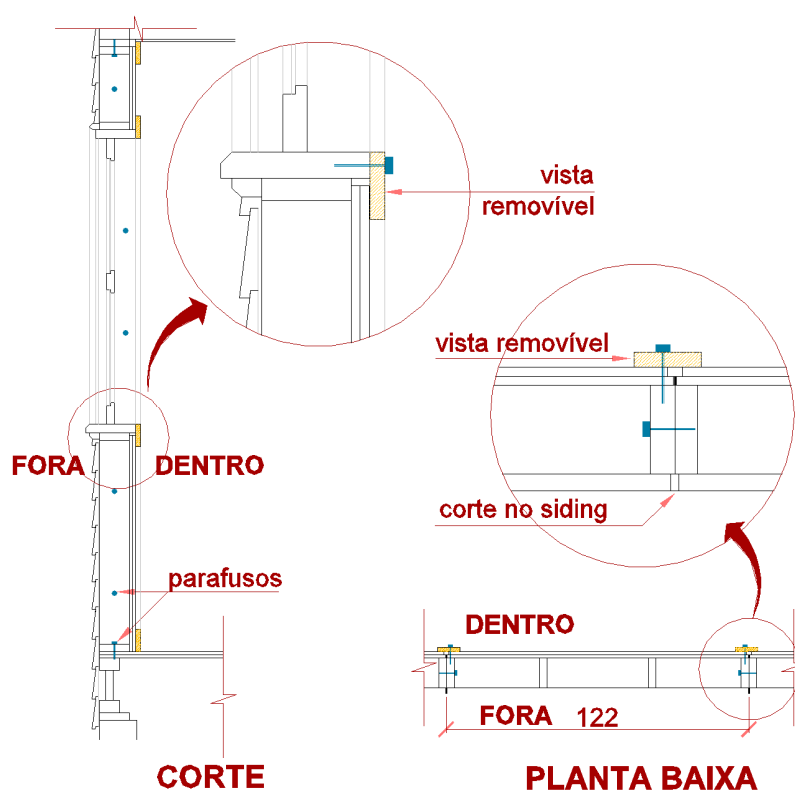


Figura 59: Detalhe do painel removível

#### 4.5. AJUSTE DA ESTRUTURA SOBRE O SUB-SISTEMA FUNDAÇÃO

Conforme já citado, deve-se considerar eventuais ajustes na ligação dos componentes de madeira ao sub-sistema fundação, uma vez que, na execução deste, muitas vezes não se consegue a precisão necessária.

A ligação dos componentes de madeira ao sub-sistema Fundação pode ser feita de duas maneiras: por meio de ganchos de ancoragem, posicionados antes da concretagem; ou através de parafusos do tipo parabolt, fixados após a concretagem. Nos dois casos, as correções, desde que pequenas, são feitas através do posicionamento das guias de ancoragem, conforme mostra a Figura 60.

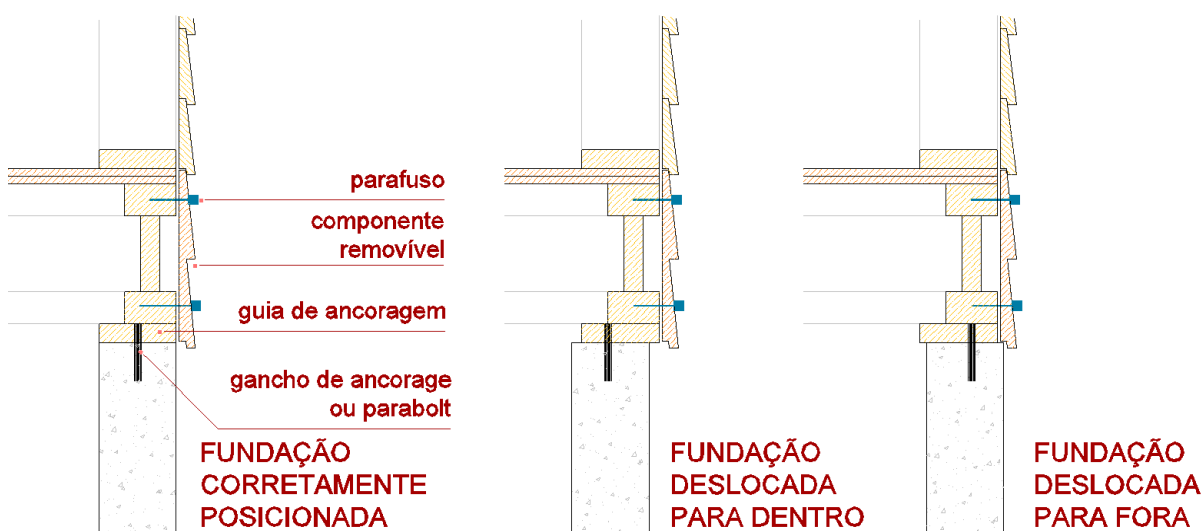


Figura 60: Ajustes sobre a fundação (sapata corrida ou sapatas isoladas com vigas baldrame)

Conforme mostrou a Figura 60, o componente removível proposto anteriormente para o revestimento externo do perímetro do piso, possibilita pequenos ajustes nos casos em que a fundação é deslocada para fora.

Devido à ação do vento, é necessário que a estrutura de madeira seja ancorada à fundação. A Figura 61 apresenta um exemplo, ilustrando a ancoragem do sub-sistema Parede à fundação.

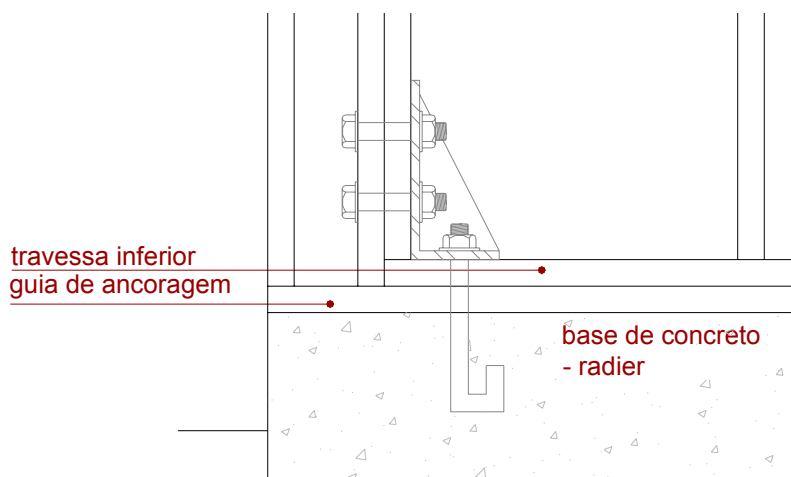


Figura 61: Ancoragem do sub-sistema Parede à fundação

#### 4.6. PRÉ-FABRICAÇÃO E EXECUÇÃO SUCESSIVA DE TAREFAS

Para o contexto deste trabalho, onde muitas vezes a montagem da edificação é feita por um número pequeno de construtores e com pouca qualificação, a execução sucessiva de tarefas contribui para o entendimento do processo por parte dos construtores e otimiza os trabalhos no canteiro, já que, devido à pequena quantidade de operários, conta-se também com poucas frentes de trabalho. Neste sentido, a pré-fabricação na indústria contribui para que a montagem da edificação no canteiro seja rápida e segura.

Assim, os painéis devem chegar ao canteiro com a ossatura completa. Já as chapas podem ser fixadas no canteiro, após a execução das instalações. Entretanto, é importante que sejam fixadas antes da execução do sub-sistema Piso, de forma a contribuir com o contraventamento geral do conjunto construído e facilitar a execução de tarefas subseqüentes.

Com relação aos componentes do sub-sistema Piso, recomenda-se que as vigas “I” e as vigotas tenham o comprimento cortado na indústria, em dimensões múltiplas do módulo básico. O mesmo é recomendado para os componentes que constituem o frechal, as guias de ancoragem, o fechamento de canto das paredes, o siding e o acabamento de canto do sub-sistema Parede.

## CAPÍTULO 5

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Visando atingir o objetivo geral da dissertação, foram propostas soluções técnicas para o sistema em estudo. As propostas prevêm soluções para o caso de ampliações e simplificam o desenho com a adoção da modulação e a redução da variabilidade de tipos de componentes e de ligações, o que permite um maior nível de pré-fabricação, seja na indústria ou no próprio canteiro. Além disso, o sistema, após a revisão, permite variações a partir de detalhes previstos em projeto, atendendo a várias soluções espaciais.

As soluções propostas contribuem na redução de custos no momento da construção e em longo prazo, por viabilizar ampliações e reduzir custos de manutenção, e facilitam o entendimento do sistema por parte de projetistas, construtores e usuários, o que é um primeiro passo para viabilizar a aplicação do sistema na construção de habitações populares. É necessário ainda interesse empresarial em ampliar o mercado, abrangendo populações com menor poder aquisitivo, seja através da redução do valor de casas produzidas a ciclo fechado ou da oferta dos componentes e elementos em ciclo aberto.

Na produção em ciclo fechado, o público alvo seria clientes da empresa com renda média e também populações atendidas por programas habitacionais, com renda entre 5 e 10 salários mínimos. Neste sentido, sugere-se um estudo dos custos do sistema a partir das propostas apresentadas neste trabalho. Nesta forma de produção, o nível de dependência da indústria seria maior. Os painéis podem chegar ao canteiro completos, isto é, com a chapa de fechamento fixada à ossatura e furos para passagem de instalações. Já as ampliações podem ser coordenadas pelo usuário, através da construção em ciclo aberto.

Para a aplicação do sistema a ciclo aberto, a principal diferença se refere ao tratamento dado aos painéis. Estes podem ser disponibilizados no mercado com e sem a chapa de fechamento. Neste caso, para permitir que os furos para passagem de instalações sejam feitos no canteiro. Aqui também acredita-se que a renda do público alvo possa ser de 5 a 10 salários mínimos.

É importante que seja disponibilizado um manual do usuário, por se tratar de um sistema construtivo não difundido na região. O manual deve ser voltado tanto para construtores e usuários, como para engenheiros, arquitetos e projetistas, cujo trabalho é indispensável, a fim de definir previamente as possibilidades de ampliação e, se necessário, detalhar soluções diferenciadas.

Com relação à mão-de-obra, é necessário que apresente boa capacitação, para garantir qualidade, precisão e segurança na montagem no canteiro. Assim, se necessário, além da disponibilização de um manual, os operários devem ser treinados.

A partir da avaliação e das propostas apresentadas nesta dissertação, acredita-se que o sistema apresenta-se simples, seguro e evolutivo, podendo ser aplicado na construção de habitações populares. Assim, espera-se que este trabalho seja uma contribuição para a redução do déficit habitacional em regiões madeireiras e para a difusão do uso da madeira de floresta plantada na construção de habitações populares.

Além do estudo dos custos do sistema após a revisão e da elaboração de um manual do usuário, coloca-se como sugestão para trabalhos futuros: estudos visando a proteção e prevenção contra incêndios; estudos do processo de produção de componentes e elementos na indústria visando a simplicidade construtiva e a redução de custos e; estudos sobre a capacidade do parque industrial madeireiro, por região do país, para uma produção contínua de casas de madeira.

## REFERÊNCIAS

ALONSO, Noemí, et al. **La vivienda social**: evaluación de programas y tecnologías. Montevideo: Universidad de la República – Facultad de Arquitectura, 1999. 104 p.

ARRUDA, Maurício Pinto de. **Diretrizes para projeto arquitetônico de habitação social produzida por mutirão**. 2000. 251 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

BARBOSA, Juliana Cortez; INO, Akemi. Cadeia produtiva de habitação em madeira de reflorestamento – análise do ciclo de vida (LCA) e indicadores de sustentabilidade. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRA, 7, 2000, São Carlos. Anais em Cd-rom.

BITTENCOURT, Rosa Maria. **Concepção arquitetônica da habitação em madeira**. 1995. 257 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

BRANDÃO, Douglas Queiroz. **Diversidade e potencial de flexibilidade de arranjos espaciais de apartamentos**: uma análise do produto imobiliário do Brasil. 2002. 345 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

BOHN, Adolar Ricardo; BECKER, Tônia; JUSTINA, Jussara Dutra Dela. Apresentação e análise do programa florestal catarinense. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, VIII, 2002, Uberlândia. **VIII EBRAMEM – Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira**. Uberlândia: UFU, 2002. Anais em Cd-rom.

CONSTRUCTION DE MAISON OSSATURE BOIS – CANADÁ. Société Canadienne d'Hypothèque et de Logement. Toronto. 1997.

CTBA – CENTRE TECHNIQUE DU BOIS ET DE L'AMEUBLEMENT. **Construction à ossature bois**: conception et mise em oeuvre. Paris: Eyrolles. 1995. 236 p.

DE OLIVEIRA, Roberto. **A methodology for housing design**. 1994. 292p. Thesis (doctor of Philosophy in Civil Engineering) – University of Waterloo, Canada.



DE OLIVEIRA, Roberto. Viabilidades da madeira para habitação. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRA, 6, 1998, Florianópolis. **Anais do VI EBRAMEM**. Florianópolis, 1998. p. 237-245.

DIAS, Gustavo Lacerda; SANTOS, Altevir Castro dos; SZÜCS, Carlos Alberto. O sistema plataforma (sistema leve em madeira) para construção de moradias de interesse social. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE HABITAÇÃO SOCIAL – CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 1, 2003, Florianópolis. **CTHAB BRASIL**. Florianópolis, 2003. Anais em Cd-rom.

EINSFELD, R. A., et al. Construção de unidades residenciais no sistema de estruturas leves de madeira (light wood framing). In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRA, 6, 1998, Florianópolis. **Anais do VI EBRAMEM**. Florianópolis, 1998. p. 81-91.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Déficit habitacional no Brasil**. Belo Horizonte: CEI, 2001. 24 p.

GALINARI, Ana Flávia. **A escolha do sistema construtivo**: caracterização e análise de propostas para habitação de interesse social em madeira de plantios florestais. 2003. 181 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

GÖTS, K.; HOOR, D.; MÖHLER, K.; NATTERER, J. **Construire en bois**: choisir, concevoir, realiser. Paris: Editions du Moniteur, 1987.

INO, Akemi; PINTO, Edna Moura. A segurança contra incêndio e habitação em madeira. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 8, 2002, Uberlândia. **VIII EBRAMEM – Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira**. Uberlândia: UFU, 2002. Anais em Cd-rom.

INO, Akemi; SHIMBO, Ioshiaqui. A madeira de reflorestamento como alternativa sustentável para a produção de habitação social. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRA, 6, 1998, Florianópolis. **Anais do VI EBRAMEM**. Florianópolis, 1998. p. 228-236.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (coordenador: Oswaldo Poffo Pereira). **Madeira**: uso sustentável na construção civil. São Paulo, 2003. 57 p.

KRÜGER, Eduardo L. Checklist para avaliação de sistemas construtivos para a habitação de interesse social. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE HABITAÇÃO SOCIAL – CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 1, 2003, Florianópolis. **CTHAB BRASIL**. Florianópolis, 2003. Anais em Cd-rom.

LEITE, Luiz Carlos Rifrano. **Habitação de interesse social**: metodologia para análise da funcionalidade – estudo de caso do Projeto Chico Mendes – Florianópolis – SC. 2003. 270 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

LUCINI, Hugo Camilo. Coordenação modular e racionalização construtiva. In: **Manual técnico de modulação de vãos de esquadrias**. 1. ed. São Paulo: PINI, 2001.

MARTUCCI, Ricardo. **Projeto tecnológico para edificações habitacionais: utopia ou desafio?** 1990. Tese de Doutorado. São Paulo: FAUUSP.

OLIVEIRA, Cristiano Fontes de. **Autoconstrução em madeira: estudo de caso Florianópolis/SC**. 2003. 211 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

PICARELLI, Marlene. **Habitação: uma interrogação**. São Paulo: FAU / USP. 1986. 175 p.

SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia**. São Paulo, 1989. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da USP, São Paulo.

SECRETARIA DO DESENVOLVIMENTO RURAL E DA AGRICULTURA DE SANTA CATARINA – SDA. 1995. Projeto catarinense de desenvolvimento florestal. Florianópolis.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. 2001. Disponível em <[http://www.sbs.org.br/area\\_plantada.htm](http://www.sbs.org.br/area_plantada.htm)>

SZÜCS, Carlos Alberto; BOHN, Adolar Ricardo. A importância histórica e atual da madeira na economia do Estado de Santa Catarina. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 8, 2002, Uberlândia. **VIII EBRAMEM – Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira**. Uberlândia: UFU, 2002. Anais em Cd-rom.

SZÜCS, Carolina Palermo. **Walter Segal: une architecture, une méthode**. Nancy: École d'Architecture de Nancy, 1990.

SZÜCS, Carolina Palermo. **Système ouvert de construction em bois pour la Maison populaire, appliqué à une systématique autoconstructive, comme une réponse à la demande d'habitations dans la Région Sud-brésilienne**. 1991. Tese (Doutorado em Arquitetura) L'université de Metz, Nancy, França.

SZÜCS, Carolina Palermo. **Autoconstrução em madeira**. Florianópolis: GHAB, 1992. 27 p.

SZÜCS, Carolina Palermo. Flexibilidade aplicada ao projeto da habitação social. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7, 1998, Florianópolis. **Qualidade no Processo Construtivo**. Florianópolis: NPC/ECV/CTC/UFSC, 1998. v. 1. p. 621-628.

SZÜCS, Carolina Palermo; DIGIACOMO, Mariuzza Carla. Flexibilidade na habitação. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE HABITAÇÃO SOCIAL – CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 1, 2003, Florianópolis. **CTHAB BRASIL**. Florianópolis, 2003. Anais em Cd-rom.

SZÜCS, Carolina Palermo, et al. **Habitação de interesse social**: flexibilidade do projeto, contextualização das soluções. Relatório Final de Iniciação Científica CNPq, UFSC, Florianópolis, agosto de 2000.

SZÜCS, Carolina Palermo, et al. A habitação em madeira na serra catarinense: tradição e cultura. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 9, 2004, Cuiabá. **Anais de IX Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras**. Cuiabá: UFMT, 2004. Anais em Cd-rom.

ABNT. Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto. Rio de Janeiro, 1989. NB-1228 (NBR 10837)

## **ANEXO**

### **A – SIMPLICIDADE CONSTRUTIVA E EVOLUTIVIDADE – quadro de atributos**

ANEXO A – SIMPLICIDADE CONSTRUTIVA E EVOLUTIVIDADE - Quadro de Atributos

	Etapa do Processo	Szücs (1991)	Arruda (2000)	Atributos adotados neste trabalho
Simplicidade construtiva	Coordenação modular	<ul style="list-style-type: none"><li>O sistema deve prever a utilização de peças e seções padronizadas e facilmente encontradas no comércio. Isto permitirá rapidez na compra, simplificação no transporte e otimização do projeto.</li><li>O projeto deve prever uma trama espacial / construtiva com fácil leitura e transposição simplificada do papel para o canteiro.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>O desenho dos componentes e elementos construtivos deve possibilitar a compatibilidade com os demais materiais provenientes do mercado.</li><li>O projeto arquitetônico deve estar baseado num sistema de coordenação modular capaz de otimizar ao máximo os trabalhos no canteiro.</li><li>O módulo básico do sistema construtivo deve estar baseado na pesquisa dimensional dos materiais provenientes do mercado, da madeira disponível e dos ambientes residenciais.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>O sistema construtivo deve estar baseado num módulo básico, definido em função das dimensões dos componentes disponíveis no mercado e das necessidades de projeto.</li></ul>
	Pré-fabricação	<ul style="list-style-type: none"><li>Os elementos de madeira devem ser dimensionados para não necessitarem de transporte especial.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Os componentes devem permitir o máximo de pré-fabricação em usina, deixando para o canteiro as atividades de montagem.</li><li>Os elementos e componentes devem permitir encaixes fáceis entre si e com as demais partes, podendo absorver variações dimensionais e imprecisões durante a montagem.</li><li>A componentização do sistema construtivo não deve representar um aumento na complexidade das etapas de usinagem, fabricação, transporte e montagem.</li><li>O sub-sistema fundação deve permitir o ajuste da estrutura durante a montagem, evitando erros posteriores.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Deve ser previsto o máximo de pré-fabricação dos componentes e elementos na indústria, deixando para o canteiro as atividades de montagem. Entretanto, os componentes e elementos devem apresentar dimensões e peso adequados ao transporte e montagem. Desta forma, a união de componentes entre si formando elementos maiores, não deve resultar em difícil manuseio e transporte. Além disso, também não deve dificultar ou onerar as etapas na indústria.</li><li>Em função da utilização de elementos pré-fabricados, o sub-sistema fundação deve prever o ajuste da estrutura durante a montagem.</li></ul>
	Desenho do sistema	<ul style="list-style-type: none"><li>Os detalhes devem ser simples e utilizar o mínimo de elementos metálicos.</li><li>As ligações da estrutura principal devem variar muito pouco para não complicar a etapa de montagem, sem dúvida a mais importante do ponto de vista da estabilidade do conjunto construtivo.</li><li>Os detalhes dos elementos de vedação devem variar segundo suas especificações, mas sempre o mínimo necessário.</li><li>O projeto deve levar a uma deterioração mínima do material. Para tal as ligações devem evitar toda possibilidade de depósito ou acúmulo de água e o conjunto construtivo deve ser instalado de modo a garantir uma ventilação constante, inclusive por baixo da edificação, quando for o caso.</li><li>Os detalhes devem permitir a substituição de peças sem atrapalhar o uso da habitação.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>O sistema construtivo deve ser dividido em sub-sistemas, compostos de seus respectivos componentes e elementos.</li><li>O desenho das conexões deve possuir o mínimo de elementos metálicos possível, buscando o máximo de ligações por meio de entalhes e encaixes feitos na fase de pré-fabricação.</li><li>O número de ligações entre os componentes e elementos do sistema estrutural deve ser o mínimo possível.</li><li>Os materiais utilizados, incluindo insumos de base não madeireira, devem ser procedentes da região e facilmente encontrados no mercado. A escolha dos materiais deve conciliar a qualidade e a durabilidade com o custo.</li><li>O desenho do sistema construtivo deve possibilitar a manutenção da habitação pela substituição de peças sem função estrutural, que protejam o conjunto e que possam ser substituídas com investimentos baixos.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>As ligações de componentes e elementos entre si e com as demais partes, devem ser simples, buscando o máximo de ligações parafusadas e por meio de encaixes feitos na fase de pré-fabricação e o mínimo de elementos metálicos especiais.</li><li>Recomenda-se a utilização de componentes e elementos, incluindo os de base não madeireira, não onerosos e disponíveis no mercado.</li><li>Deve ser prevista uma menor variabilidade de elementos e componentes construtivos, bem como de tipos de ligações.</li><li>O desenho do sistema construtivo deve evitar a deterioração dos materiais. Assim, os detalhes construtivos devem prevenir o acúmulo de água e deve-se prever a substituição de componentes, sem comprometer o uso da edificação.</li></ul>
	Montagem no canteiro	<ul style="list-style-type: none"><li>O sistema proposto deve ser de instalação rápida e segura de modo a garantir o mais cedo possível a estabilidade do conjunto construtivo e evitar acidentes.</li><li>O processo deve permitir uma distribuição sucessiva das tarefas para uma melhor organização do tempo.</li><li>Apenas a instalação da estrutura principal deve necessitar da participação de mais de duas pessoas.</li><li>Nenhum detalhe deve necessitar de ferramentas especiais para a confecção.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Os componentes devem ser leves e de proporções adequadas para ser manipulados por no máximo 2 pessoas e facilitar o transporte e manuseio na montagem.</li><li>O sistema construtivo deve evitar durante a montagem a utilização de andaimes, escadas e equipamentos especiais, como guias, por exemplo.</li><li>O sistema construtivo deve prever a utilização de ferramentas no canteiro de fácil manuseio e popularmente conhecidas.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>A montagem no canteiro deve ser rápida, segura e organizada num processo sucessivo de tarefas, possibilitando uma melhor organização do tempo e compreensão do processo por parte do construtor. Neste sentido, o sistema construtivo deve ser dividido em sub-sistemas, cada um cumprindo uma função específica no conjunto construtivo. É necessário ainda que a mão-de-obra receba treinamento, já que o sistema não é difundido.</li><li>As ferramentas exigidas para a montagem no canteiro devem ser de fácil manuseio e popularmente conhecidas. A montagem no canteiro também deve minimizar a utilização de andaimes e não deve exigir a utilização de equipamentos especiais, como guias por exemplo.</li></ul>
Evolutividade	Na instalação	<ul style="list-style-type: none"><li>O embrião deve deixar claras as possibilidades evolutivas do projeto.</li><li>As ligações devem ser concebidas considerando-se a necessidade de ampliação.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>O sistema construtivo deve buscar um desenho que permita e seja compatível com futuras ampliações e melhorias.</li><li>As ligações devem apresentar esperas e encaixes que transpareçam as possibilidades evolutivas do projeto, sem que estas partes fiquem vulneráveis à deterioração.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Possibilitar a fácil identificação das alternativas de ampliação por parte do usuário.</li><li>As ligações devem ser concebidas considerando-se a necessidade de ampliação.</li></ul>
	Na ampliação	<ul style="list-style-type: none"><li>As ações de ampliação e reforma devem buscar o mínimo prejuízo para as partes construídas e não devem prejudicar a estabilidade do conjunto construtivo.</li></ul>	-	<ul style="list-style-type: none"><li>Garantir a rapidez e a segurança da ampliação, de modo a não inviabilizar o uso da edificação durante o processo.</li><li>Possibilitar o reaproveitamento de elementos ou componentes por ocasião da ampliação.</li><li>Garantir a qualidade da parte existente nas ações de ampliação, especialmente nas junções.</li></ul>

OBS.: Alguns atributos apresentados pelos autores foram omitidos, por não apresentarem aplicação no contexto deste trabalho.